

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ
À L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À
TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ÉDUCATION

PAR
SERGE LACHAÎNE

L'INFLUENCE DE LA SIMULATION PAR ORDINATEUR
SUR LE DÉVELOPPEMENT DES CONCEPTIONS INITIALES
DES ÉLÈVES DU PRIMAIRE
EN RAPPORT AVEC LE CYCLE DE L'EAU

AOÛT 1994

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

REMERCIEMENTS

L'auteur désire exprimer sa grande reconnaissance à son directeur de mémoire, Monsieur Jean Loiselle dont l'assistance constante et les conseils éclairés ont permis la réalisation de cette recherche. De plus, l'auteur tient à remercier les lecteurs, Madame Colette Deaudelin et Monsieur Rodolphe M.J. Toussaint, pour leurs commentaires et suggestions qui ont permis d'améliorer le présent document. L'auteur remercie les élèves qui ont participé à l'expérience et les parents qui ont donné leur accord. Finalement, un merci à la directrice de l'école Notre-Dame du Rosaire, Madame Hélène Corneau, qui a autorisé une telle entreprise dans son école.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	i
TABLE DES MATIÈRES	ii
LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX	iv
CHAPITRE I <u>Problématique</u>	1
1.1 Présentation du centre d'intérêt	1
1.2 Identification du problème	2
1.3 Questions de recherche	6
1.4 Importance de la recherche	7
CHAPITRE II <u>Cadre de référence</u>	9
2.1 La construction du savoir scientifique	9
2.2 Typologie et évaluation des conceptions initiales	15
2.3 La façon d'agir sur les conceptions	23
2.4 La simulation par ordinateur	30
2.4.1 Définitions	30
2.4.2 Les types de simulation par ordinateur	34
2.4.3 Les avantages et les limites de la simulation par ordinateur	37
2.5 Objectifs de la recherche	42
CHAPITRE III <u>Méthodologie</u>	44
3.1 Type de recherche	44
3.2 Population et échantillon	48

3.3 Déroulement de l'expérience et collecte de données	50
3.4 Analyse des données	56
CHAPITRE IV <u>Résultats</u>	60
4.1 Description et analyse des conceptions	61
4.2 Évolution de l'ensemble des élèves par rapport à chaque thème	86
4.3 Évolution des élèves pour l'ensemble des thèmes	90
CHAPITRE V <u>Conclusion</u>	96
5.1 Sommaire de la recherche	96
5.2 Pertinence et limites de la recherche	100
5.3 Pistes de recherche	102
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	104
APPENDICE A <u>Questionnaire sur le cycle de l'eau</u>	108
APPENDICE B <u>Analyse de l'évolution des élèves</u>	113

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1	<u>Étapes de la collecte des données</u>	50
Tableau 1	<u>Relevé des conceptions initiales à la question 1</u>	63
Tableau 2	<u>Relevé des conceptions initiales à la question 2</u>	63
Tableau 3	<u>Relevé des conceptions initiales à la question 5b</u>	67
Tableau 4	<u>Relevé des conceptions initiales à la question 6</u>	67
Tableau 5	<u>Relevé des conceptions initiales à la question 5a</u>	71
Tableau 6	<u>Relevé des conceptions initiales à la question 9</u>	71
Tableau 7	<u>Relevé des conceptions initiales à la question 10</u>	71
Tableau 8	<u>Relevé des conceptions initiales à la question 3</u>	75
Tableau 9	<u>Relevé des conceptions initiales à la question 7</u>	76
Tableau 10	<u>Relevé des conceptions initiales à la question 8</u>	76
Tableau 11	<u>Relevé des conceptions initiales à la question 11</u>	80
Tableau 12	<u>Synthèse de l'analyse individuelle des élèves en regard de chaque thème</u>	86
Tableau 13	<u>Synthèse en pourcentage de l'analyse individuelle des élèves en regard de chaque thème</u>	87
Tableau 14	<u>Identification des changements intégrés de conceptions chez les participants pour chacun des thèmes</u>	91
Tableau 15	<u>Représentation, en pourcentage, des changements intégrés pour chaque thème pour l'ensemble des apprenants</u>	92
Tableau 16	<u>Représentation, en pourcentage, du nombre de changements apparus chez l'ensemble des participants</u>	93

Tableau 17	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 1</u>	115
Tableau 18	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 2</u>	117
Tableau 19	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 3</u>	119
Tableau 20	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 4</u>	121
Tableau 21	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 5</u>	123
Tableau 22	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 6</u>	125
Tableau 23	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 7</u>	127
Tableau 24	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 8</u>	129
Tableau 25	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 9</u>	131
Tableau 26	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 10</u>	133
Tableau 27	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 11</u>	135
Tableau 28	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 12</u>	137
Tableau 29	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 13</u>	139
Tableau 30	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 14</u>	141
Tableau 31	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 15</u>	142

Tableau 32	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 16</u>	144
Tableau 33	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 17</u>	146
Tableau 34	<u>L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 18</u>	148

CHAPITRE I

Problématique

1.1 Présentation du centre d'intérêt

L'enseignement des sciences au primaire se divise en deux volets : les sciences humaines et les sciences de la nature. La présente recherche s'oriente vers ce deuxième volet.

Mon expérience dans le milieu scolaire m'a permis de constater certaines lacunes en enseignement des sciences. Ainsi, j'ai constaté que peu de temps est généralement consacré à l'enseignement des sciences. De plus, les enseignants n'ont pas toujours une formation adéquate dans ce domaine. L'enseignement est souvent consacré à transmettre des connaissances plutôt qu'à développer une démarche scientifique tel que spécifié dans les programmes du Ministère de l'Éducation (1980).

Il apparaît important que l'enseignement des sciences s'inscrive dans une démarche basée sur l'expérimentation. L'esprit scientifique se développe davantage si l'enfant du primaire expérimente, à l'intérieur d'une recherche empirique, différents phénomènes scientifiques. La démarche expérimentale

permet à l'apprenant d'être en situation de questionnement et de confrontation. Ces deux éléments sont en quelque sorte les prémisses à la construction d'une pensée scientifique.

De plus, nous constatons que la réalité scientifique évolue rapidement ainsi que celle des nouvelles technologies. Souvent le développement scientifique ne va pas sans l'apport de cette technologie.

L'école moderne doit tenir compte du développement scientifique et technologique. Dans les écoles de niveau primaire, l'entrée des nouvelles technologies se fait graduellement. L'ordinateur constitue l'une de ces technologies mise à la disposition des enseignants. La simulation par ordinateur offre des possibilités particulièrement intéressantes car son utilisation peut s'inscrire dans une démarche expérimentale.

1.2 Identification du problème

Plusieurs études (Astolfi, 1978; Désautels, 1980; Cosgrove et Osborne, 1983; Trempe, 1984; Happs, 1985; Giordan et De Vecchi, 1987) démontrent que l'enseignement des sciences rencontre certaines difficultés. Malgré les intentions du MEQ de favoriser l'enseignement des sciences et d'y consacrer plus de temps, et bien que les médias parlent de plus en plus des sciences dans une perspective de vulgarisation, l'écart entre le savoir scientifique et les connaissances du grand public ne cesse de s'accroître.

Les recherches citées plus haut démontrent que le savoir scientifique enseigné dans les écoles ou vulgarisé par les médias passe difficilement. L'élève du primaire arrive à l'école avec certaines explications des phénomènes qui l'entourent. Ces explications se sont construites par ses expériences et ses observations de la réalité. Une grande partie des apprenants retient temporairement les contenus à apprendre et quelque temps plus tard leur conception du phénomène va refaire surface. Cette dernière conception du réel prévaudra à long terme et permettra d'expliquer ledit phénomène.

Les travaux de Cosgrove et Osborne (1983) de même que ceux de Happs (1985) montrent que plusieurs élèves, lorsqu'ils sont confrontés à l'évidence empirique qui contredit leur croyance courante, adopteront une position près de l'explication scientifique. Cependant, au bout de quelque temps, ils semblent régresser vers une notion scientifique moins acceptable qui s'approche de leur conception initiale. Selon Giordan et De Vecchi (1990), le savoir scientifique est peu intégré ou rapidement oublié, surtout qu'il est rarement utile du fait qu'il s'avère peu mobilisable dans la pratique de la vie quotidienne. Ces auteurs résument la situation en ces termes :

Ces représentations ont une certaine stabilité, et l'apprentissage d'une connaissance, l'acquisition d'une démarche, en dépendent. Si l'on n'en tient pas compte, elles se maintiennent et le savoir proposé glisse à la surface des élèves sans même les imprégner. (1990, p.10)

L'apprenant a une vision préscientifique, basée sur des représentations, des conceptions qui ne sont pas le résultat d'une analyse rigoureuse. Il est

important qu'il soit confronté à un nouveau savoir. Cette confrontation doit se faire à l'intérieur d'une démarche scientifique. L'enfant impliqué dans une démarche expérimentale sera mieux placé pour s'interroger sur différents phénomènes naturels.

Par contre, les recherches menées par Giordan et De Vecchi (1987) démontrent que l'expérimentation ne suffit généralement pas pour qu'il y ait des apprentissages réels et intégrés. Selon Giordan (1978), l'apprenant doit être en mesure d'exprimer ses propres conceptions du réel. Il n'est pas suffisant de faire parler l'enfant pour connaître ses représentations car il peut se produire des artefacts provoqués par l'imaginaire ou le plaisir de parler.

Si nous considérons les résultats des recherches citées plus haut, la tâche de l'enseignant peut apparaître des plus complexes pour l'enseignement des sciences. Pour l'enseignant, il n'est pas toujours évident d'amener des apprentissages liés à certains phénomènes scientifiques et ce même par expérimentation. Par exemple, il est difficile de faire saisir la circulation du courant électrique qui n'est pas visible ou la compréhension globale d'un phénomène naturel comme le cycle de l'eau qui est difficilement observable sur une période relativement courte. De plus, les conditions nécessaires à une démonstration complète du phénomène sont souvent impossibles à rassembler. Les enseignants manquent de moyens pouvant suppléer à l'expérimentation : des moyens suffisamment impliquants pour créer un déséquilibre cognitif et permettre une restructuration du réel, des moyens pouvant confronter les

conceptions possibles de l'apprenant, des moyens permettant à l'apprenant une appropriation du savoir.

Pour plusieurs enseignants, l'utilisation de modèles ou d'exemples par analogies peut être un moyen pour remplacer l'expérimentation directe d'un phénomène naturel complexe. Dans une recherche sur l'utilisation d'exemples pour remédier aux conceptions fausses, Brown (1992) cite plusieurs recherches qui retiennent l'usage d'exemples comme moyen efficace pour induire des changements conceptuels. La recherche de Brown (1992) souligne que lorsque les étudiants détiennent une conception fausse, ce ne sont pas tous les exemples ou la façon d'utiliser les exemples qui sont efficaces. De plus, l'utilisation d'exemples ou de modèles peut s'avérer difficile puisqu'elle demande parfois beaucoup de matériel et un aménagement physique particulier, ce qui n'est pas toujours une solution pratique pour l'enseignant.

L'utilisation de la simulation par ordinateur, représentant un phénomène modélisé, peut être un moyen pour les enseignants en enseignement des sciences au primaire. La simulation par ordinateur présente certains avantages potentiels car elle requiert une participation active de l'apprenant puisque ce dernier doit prendre des décisions et proposer des solutions en rapport avec la situation présentée. De plus, ne connaissant pas le modèle sous-jacent à la simulation, l'apprenant sera tenté d'expliquer le phénomène en observant les résultats obtenus dans les diverses situations. La simulation par ordinateur

est une représentation plus simple de la réalité montrant les facteurs les plus importants qui peuvent permettre une construction graduelle du savoir.

Pour Taylor et Walford (1976), la simulation favorise l'implication de l'élève, elle lui permet de faire certaines expériences, de voir les résultats et de faire l'analyse de ses gestes.

Cependant, l'influence réelle de la simulation par ordinateur sur l'évolution des conceptions des apprenants est peu connue car peu d'expériences ont été réalisées sur le sujet. Nous ne savons pas si la simulation par ordinateur s'avère suffisamment efficace pour contrer les conceptions initiales des apprenants relatives à divers phénomènes scientifiques.

1.3 Questions de recherche

La recherche vise à répondre à différentes questions relativement à l'influence de l'utilisation de la simulation par ordinateur sur les conceptions initiales des élèves du primaire. Elle traite principalement de la question suivante :

- Un logiciel de simulation peut-il modifier d'une manière réelle et intégrée les conceptions des apprenants?

Pour répondre adéquatement à la question précédente nous devons répondre à certaines questions plus spécifiques :

- Quelles sont les conceptions initiales des apprenants par rapport au champ étudié? Quelles sont les caractéristiques de ces conceptions initiales?

- Un logiciel de simulation utilisé à l'intérieur d'une démarche expérimentale a-t-il une influence sur l'évolution des conceptions des apprenants?
- La simulation par ordinateur permet-elle des changements de conceptions durables et intégrés?

1.4 Importance de la recherche

En enseignement des sciences, il est nécessaire de tenir compte des conceptions initiales. Elles sont si bien ancrées chez l'apprenant qu'elles survivront aux enseignements car souvent elles n'auront pas été confrontées au savoir scientifique. L'enseignement des sciences doit donc placer l'apprenant en contradiction, en déséquilibre cognitif. Cette confrontation se fait avec l'objet d'enseignement, les autres apprenants, l'enseignant et l'apprenant lui-même porteur de ses conceptions. L'enseignant se doit d'en tenir compte pour ensuite pouvoir proposer des activités permettant de contrer ces conceptions. La connaissance des conceptions des apprenants peut permettre à l'enseignant d'élaborer des activités pédagogiques plus adaptées.

Les moyens pour soutenir l'enseignant dans sa tâche doivent être multiples et plus adéquats. La présente recherche est une investigation dans un domaine peu exploré. La simulation par ordinateur a la caractéristique de vouloir représenter la réalité et de permettre l'interaction entre l'apprenant et l'objet d'apprentissage. En explorant la simulation par ordinateur dans le cadre d'une démarche expérimentale et en tenant compte des conceptions des apprenants,

la présente recherche amènera des informations susceptibles d'orienter les enseignants et favorisera la compréhension des difficultés rencontrées par les élèves dans l'apprentissage d'un phénomène naturel.

La recherche permettra de mieux connaître cet outil pédagogique qu'est la simulation par ordinateur. De plus, la recherche amènera des informations sur la valeur de la simulation par ordinateur comme outil pédagogique pour les enseignants.

CHAPITRE II

Cadre de référence

Dans ce chapitre nous abordons quatre thèmes majeurs qui délimitent cette recherche. Nous abordons d'abord différents travaux sur la construction du savoir scientifique. Ensuite, nous examinons ce qui s'est fait au niveau de la typologie et de l'évaluation des conceptions initiales. Puis nous regardons ce que les chercheurs nous suggèrent sur la façon d'agir sur les conceptions. Finalement, nous présentons certaines recherches sur l'efficacité de la simulation par ordinateur sur les apprentissages.

2.1 La construction du savoir scientifique

Dans cette partie nous abordons la notion de construction du savoir (Piaget, 1964) et plus spécifiquement du savoir scientifique. De plus, nous examinons la notion d'obstacles épistémologiques développée par Bachelard (1957). Finalement, nous soulignons l'apport de différents chercheurs (Driver, 1989; von Glasserfeld, 1989; Désautels et Larochelle, 1992; Giordan et De Vecchi, 1987) sur la notion de conceptions chez les apprenants.

Les travaux de Piaget (1964) abordent, à l'intérieur d'un cadre plus général, la notion de construction du savoir. Un savoir ne vient pas remplacer un autre savoir mais il se construit à partir de ce qui existe déjà. Les structures mentales sont des formes successives d'équilibre engendrées par le développement de l'intelligence. Cet équilibre répond à un besoin, lui-même conséquence d'un problème ou d'un changement (interne ou externe) qui a provoqué un déséquilibre. Piaget précise qu'on «(...) peut considérer les structures mentales successives qu'engendre le développement comme autant de formes d'équilibres dont chacune est en progrès sur les précédentes.» (1964, p.14)

Pour Piaget (1969), le développement intellectuel tient essentiellement aux activités du sujet et à son action sur les objets. La construction du savoir peut s'expliquer comme une suite de transformations qui consiste à construire des structures en structurant le réel. Selon Piaget (1964), ces transformations se font à deux niveaux distincts, soit l'assimilation et l'accommodation. Le sujet incorpore des éléments du monde extérieur aux structures cognitives, qui s'ajustent, se réorganisent pour permettre l'apparition de nouvelles connaissances. Petit donne une définition des termes utilisés par Piaget :

L'adaptation (biologique et intellectuelle) résulte de l'équilibre entre deux mécanismes antagonistes et complémentaires :

- l'assimilation qui correspond à l'action de l'organisme sur le milieu où les données extérieures sont intégrées à la structure propre de l'organisme.
 - l'accommodation est le processus inverse par lequel l'organisme se modifie en fonction des pressions qu'exerce sur lui le milieu.
- (1986, p.24)

La théorie piagétienne de la connaissance explique comment l'enfant construit ses connaissances et s'approprie les savoirs. Elle aide à déterminer quelles situations d'apprentissages sont préférables à un moment du développement de l'enfant. Petit (1989) souligne l'importante contribution de Jean Piaget à la psychologie du développement intellectuel de l'enfant. Il résume comme suit les points importants sur lesquels il faut porter une attention particulière pour une application des théories piagésiennes à la pédagogie :

La démarche pédagogique utilisée privilégiera moins les contenus (certes importants) que la centration du formateur sur l'activité logique du sujet, sa manière d'apprendre : rendre les apprenants plus attentifs aux transformations des situations qu'ils opèrent et donc non seulement à l'activité manipulative mais aussi théorique qu'ils développent. La prise de conscience des erreurs, des contradictions, des conflits, sera utilisée pour faire progresser la connaissance. (1989, p.86)

Parallèlement aux travaux de Piaget, Bachelard (1962, 1963) s'intéresse plus spécifiquement à la formation de l'esprit scientifique, autant au niveau du développement historique de la pensée que dans la pratique de l'éducation scientifique. Dans un autre ouvrage, Bachelard (1957) souligne que tout savoir scientifique se doit d'être reconstruit et c'est en terme d'obstacles épistémologiques qu'il pose le problème de la connaissance scientifique. Ces obstacles sont internes au sujet : c'est dans l'acte même de connaître qu'ils apparaissent et qu'ils peuvent être causes de stagnation et même de régression. Dans une perspective piagésienne, les obstacles épistémologiques sont des «structures» déjà construites, il y a donc assimilation du nouveau au connu. L'accommodation permet l'ajustement et l'accès aux nouvelles connaissances.

Bachelard (1957) aborde la notion de représentation (le connu, le construit) et note l'importance de tenir compte de ces représentations. Il situe la place importante de l'expérimentation et du questionnement dans le développement d'un savoir scientifique. Selon Bachelard, l'élève arrive en classe avec des connaissances empiriques déjà constituées : «(...) il s'agit alors, non pas d'acquérir une culture expérimentale, mais bien de changer de culture expérimentale, de renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne.» (1957, p.18)

Dans la même perspective, Driver (1989) souligne que l'apprentissage se produit grâce à l'implication active de l'apprenant dans la construction de la connaissance. Dans cette perspective constructiviste, les apprenants sont perçus comme construisant des représentations mentales du monde qui les entoure et ces représentations sont utilisées pour interpréter de nouvelles situations et pour guider l'action. Von Glasserfeld (1989) ajoute que les représentations mentales sont à leur tour révisées à la lumière de l'expérience de l'apprenant.

Pour Giordan et De Vecchi (1987) l'acquisition d'un savoir, et par le fait même son enseignement, est un processus complexe, parce que l'apprenant doit s'approprier chaque parcelle de savoir. Ces auteurs insistent sur le fait que savoir c'est surtout et avant tout être capable d'utiliser ce qu'on a appris, de le mobiliser pour résoudre un problème ou clarifier une situation. Plus loin, Giordan et De Vecchi ajouteront que :

Savoir, c'est pouvoir construire des modèles, c'est combiner des concepts appartenant à des disciplines différentes (...). Savoir, c'est être acteur de sa propre formation, c'est pouvoir se placer dans un processus de formation permanente (...). (1987, p.6)

Selon Giordan et al. (1987) le savoir scientifique ne vient pas remplir un espace vide. L'apprenant a déjà une représentation du monde qui l'entoure et cette représentation, malgré le fait qu'elle ne résulte pas d'une analyse rigoureuse, est difficile à déloger. Ces représentations constituent des obstacles majeurs à l'acquisition du savoir scientifique. Il apparaît, pour Giordan, que ces représentations sont bien incrustées chez l'enfant, elles sont cohérentes et ont une valeur explicative. Ne pas en tenir compte peut aboutir, chez l'apprenant, à deux systèmes explicatifs : l'un est utilisé en classe pour répondre aux questions du professeur et l'autre revient à la surface pour expliquer une situation nouvelle.

Les travaux de Piaget (1964, 1969) et de Bachelard (1957, 1962, 1963) ont ouvert les portes à la recherche actuelle sur les conceptions des apprenants. La notion d'obstacle épistémologique développée par Bachelard (1957) guide encore plusieurs travaux (Giordan et De Vecchi, 1987; Désautels et Laroche, 1992). Pour la recherche, nous avons retenu, particulièrement, le concept d'obstacle épistémologique défini par Bachelard (1957) et le concept de construction du savoir scientifique défini par Giordan et De Vecchi (1987, 1990).

La notion de conceptions chez les apprenants

La terminologie utilisée pour représenter l'idée de conception est variée dans ce domaine de recherche. Selon Désautels et Larochelle (1992), les auteurs emploient différents termes tels que : représentations, représentations préscientifiques, préconceptions, conceptions immédiates ou conceptions erronées selon les orientations théoriques qu'adoptent les chercheurs. De plus, les auteurs apportent des nuances entre les différents termes. Pour éviter les ambiguïtés ou de fausses interprétations, nous emploierons dans cette recherche l'expression «conceptions initiales» tel que définie par Giordan et De Vecchi (1987, 1990). Selon ces mêmes auteurs, l'utilisation du terme «conception» est préférable parce que ce terme :

(...) met l'accent sur le fait qu'il s'agit, à un premier niveau, d'un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives, utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations-problèmes, mais surtout il met en évidence l'idée que cet ensemble traduit une structure mentale sous-jacente responsable de ces manifestations contextuelles. (1987, p.79)

Le terme «initiale» indique qu'il s'agit ici de premières conceptions, c'est-à-dire de conceptions que l'apprenant possède avant même qu'une éducation dite scientifique lui ait été communiquée.

Nous retenons l'explication de Giordan et al. (1987) qu'une conception est un ensemble d'images, de modèles présents chez l'apprenant, avant même que ne débute une activité d'apprentissage. De plus, Giordan et De Vecchi soulignent que les conceptions sont actives tout au long de la construction du savoir.

Une conception est donc un modèle explicatif organisé, simple, logique, utilisé le plus souvent par analogie. Les enfants en possèdent un certain nombre, et c'est avec eux qu'ils tentent d'interpréter le monde qui les entoure. (1989, p.54)

De plus, nous retenons que l'apprenant possède ses propres conceptions et il ne les remettra en cause que s'il rencontre un obstacle que son référentiel ne lui permet pas de surmonter. Finalement, nous retenons que pour résoudre un problème, l'élève utilise des stratégies cognitives qui s'appuient sur ses conceptions.

2.2 Typologie et évaluation des conceptions initiales

Pour être en mesure d'analyser les conceptions et d'agir sur elles, il est souhaitable de se donner un cadre nous permettant de les classer et de les évaluer. Plusieurs auteurs (Désautels et Larochelle, 1989-92; Giordan et De Vecchi, 1987; Ruel, 1982; Thouin, 1989) qui se sont intéressés aux conceptions des apprenants font référence aux travaux de Bachelard. Bachelard (1957) explique que les apprenants ont des représentations préscientifiques sur les phénomènes naturels. Ses recherches l'ont amené à associer ces représentations à des obstacles épistémologiques. Il identifie dix types d'obstacles qui peuvent faire obstruction à l'acquisition du savoir scientifique : l'obstacle de l'expérience première, l'obstacle de la connaissance générale, l'obstacle verbal, l'obstacle de la connaissance unitaire, l'obstacle de la connaissance pragmatique, l'obstacle substantialiste, l'obstacle animiste, l'obstacle de la connaissance

quantitative, l'obstacle créé par le mythe de la digestion et l'obstacle créé par le mythe du germe universel.

Cette notion d'obstacles épistémologiques et l'identification de certains de ces obstacles sont repris par Ruel (1982). Dans une étude sur la mise en évidence de quelques obstacles épistémologiques chez des jeunes du secondaire, elle retient sept obstacles identifiés par Bachelard pouvant être utilisés pour situer les représentations des élèves dans un champ de connaissance scientifique et faisant obstruction à l'accession à la connaissance scientifique. De plus, les résultats de sa recherche indiquent que quatre obstacles reviennent plus fréquemment chez les élèves : l'obstacle de l'expérience première, de la connaissance générale, l'obstacle verbal et substantialiste.

Bachelard (1957) donne une définition précise des obstacles épistémologiques énumérés plus haut. Notons toutefois que ces définitions ont été établies dans le contexte d'une étude de nature historique traitant des représentations préscientifiques. À partir des travaux de Bachelard (1957) et de Ruel (1982), nous faisons une description de certains obstacles épistémologiques. Cette description servira à lier les conceptions des apprenants aux différents types d'obstacles. Il faut préciser que certaines réponses des enfants procèdent de raisonnements assez complexes qu'il n'est pas toujours facile d'associer à un obstacle épistémologique particulier.

Le premier obstacle : l'expérience première

Bachelard décrit en ces termes l'expérience première :

C'est toujours un premier obstacle pour la culture scientifique. En effet, cette observation première se présente avec un luxe d'images; elle est pittoresque, concrète, naturelle, facile. Il n'y a qu'à la décrire et à s'émerveiller. On croit alors comprendre. (1957, p.19)

L'expérience première, c'est le premier contact avec le réel, le contact spontané, la première observation. L'observation première, qui devrait à toute fin pratique amener à la recherche ou susciter la curiosité, fait souvent obstacle à la connaissance en limitant le sujet à la première observation; celle-ci conduit à limiter toute explication à l'observation qui est faite du réel. Ce qui est finalement perçu d'un phénomène devient l'explication dudit phénomène. À titre d'exemple, le fait de voir le soleil «se lever» à l'est le matin, atteindre son zénith le midi et de remarquer qu'il «se couche» à l'ouest le soir peut amener l'explication que le soleil tourne autour de la terre. L'image, l'analogie, la métaphore sont le résultat de l'explication d'un phénomène par l'expérience première.

Un second obstacle : la connaissance générale

La connaissance générale (Bachelard, 1957) consiste à appliquer une généralisation hâtive et facile au phénomène observé. Suite à une observation première sur un phénomène quelconque, un concept est élaboré pour arriver à une généralisation rapide. Afin d'illustrer ce type d'obstacle Bachelard (1957)

propose l'exemple suivant : il est facile d'observer la présence de neiges perpétuelles sur les montagnes élevées et de constater que plus on est haut en altitude plus il fait froid bien que ces sommets soient plus rapprochés du soleil. Une généralisation hâtive peut amener à conclure que nous ne pouvons utiliser la chaleur du soleil comme source d'énergie.

L'obstacle verbal

L'obstacle verbal est une forme plus spécifique présentant des affinités avec les deux obstacles décrits précédemment. Bachelard indique qu'une «(...) seule image, ou même un seul mot, constitue toute l'explication.» (1957, p.73). Plus encore ce mot expliquera plusieurs phénomènes. Exprimer un phénomène revient à l'expliquer, le reconnaître revient à le connaître. Le mot explique tout au lieu d'illustrer une notion abstraite. Ruel fait remarquer qu'en «(...) recherchant l'abstraction, (l'esprit préscientifique) fait disparaître l'image concrète pour lui garder uniquement sa fonction. Alors, la fonction de l'image devient le fondement de l'explication.» (1982, p.30). Pour illustrer l'obstacle verbal, prenons par exemple la conception selon laquelle l'oeuf qui cuit dans une poêle de fonte colle à celle-ci parce que ses molécules forment des «ventouses».

L'obstacle de la connaissance unitaire

L'obstacle de la connaissance unitaire est une autre forme de généralisation. L'unité est le but de toute explication et cette explication se retrouve dans la nature. «(...) toutes les difficultés se résolvent devant une vision générale du monde, par simple référence à un principe général de la Nature.» (Bachelard, 1957, p.83) La nature expliquant tout, tout est surdéterminé. Il n'y a pas d'autres explications à donner puisque c'est «naturel».

L'obstacle de la connaissance pragmatique

C'est le principe de l'utilité qui domine dans l'obstacle de la connaissance pragmatique. Il s'agit de donner une utilité à tous les phénomènes et de s'arrêter à ce constat. C'est une autre forme de généralisation. «Une fois que l'utilité est perçue, identifiée, l'esprit préscientifique se trouve en mesure de bâtir un système entier fondé sur cette utilité.» (Ruel, 1982, p.39). Cet obstacle conduit à chercher l'utilité dans tous les phénomènes comme principe d'explication.

L'obstacle substantialiste

L'obstacle substantialiste ressemble à l'obstacle verbal poussé à son maximum. «Un substantif est utilisé pour représenter la substance et expliquer ses propriétés.»(Ruel, 1982, p.31). C'est unir «(...) directement à la substance les

qualités diverses, aussi bien une qualité superficielle qu'une qualité profonde, aussi bien une qualité manifeste qu'une qualité occulte.» (Bachelard, 1957, p.97) L'objet a un intérieur, la substance a un intérieur, la qualité de l'objet ou de la substance y est enfermée. À titre d'exemple, l'explication d'un élève à la question «Peux-tu décrire la fonte du cube de glace que tu vois et expliquer comment cela se produit?» (Ruel, 1982, p.136). Celui-ci répond que la chaleur s'attaque au cube de glace, elle attaque d'abord les parois. La chaleur est ainsi matérialisée.

L'obstacle animiste

L'obstacle animiste est relié à la biologie, aux règnes végétal, minéral et animal. La vie, le mot vie explique tout ou est à la base de toute explication. Voici deux exemples de ce type d'obstacles proposés par Bachelard : la putréfaction est aux plantes ce que la mastication est aux animaux et les minéraux ont tous les organes et toutes les facultés nécessaires à la conservation de leur être.

Les obstacles de la connaissance quantitative

Bachelard résume cet obstacle en ces termes : «Mesurer exactement un objet fuyant ou indéterminé, mesurer exactement un objet fixe et bien déterminé avec un instrument grossier, voilà deux types d'occupations vaines que rejette de prime abord la discipline scientifique.»(1957, p.213)

L'ensemble des obstacles épistémologiques définis par Bachelard (1957) nous permet de mieux comprendre les nombreuses difficultés auxquelles fait face l'enseignement des sciences. Plusieurs chercheurs (Ruel, 1982; Giordan et De Vecchi, 1987; Désautels et Larochelle 1989; Thouin, 1989) se sont appuyés sur ses travaux pour étudier les conceptions.

Thouin (1989) s'inspire des travaux de Bachelard et de Ruel et cherche à faire une typologie des représentations en science physique. Ses travaux l'amènent à conclure qu'il n'existe finalement que deux types de représentations : les représentations semi-évoluées et les représentations évoluées. En divisant en deux les types de représentations Thouin réduit considérablement les travaux de Bachelard.

De leur côté, Giordan et al. s'appuient sur les recherches de Bachelard et font le lien entre la notion d'obstacle épistémologique et la notion de conception en indiquant que :

(...) toute nouvelle formulation scientifique ne peut être élaborée qu'en rupture avec d'autres formulations qualifiées par certains de préscientifiques; une connaissance nouvelle ne s'élabore pas par addition ou juxtaposition d'informations supplémentaires par rapport aux connaissances antérieures mais par réorganisation totale du champ considéré, les connaissances antérieures jouant plutôt un rôle de frein. (1987, p.98)

À la différence de Thouin (1989), Giordan et al. (1987) ne cherchent pas à réduire la notion d'obstacles épistémologiques. Ils indiquent plutôt que nous pouvons distinguer deux groupes de conceptions : les conceptions immédiates

et les conceptions régulées. Soulignons que cette distinction n'empêche aucune association avec les obstacles épistémologiques décrits par Bachelard.

Les conceptions immédiates sont les plus empiriques et les plus communes : le fait de dénommer ou de décrire. Il peut s'agir également d'images, d'analogies ou la constatation d'un fait dont on ne peut fournir l'explication. Ce sont des conceptions portant sur les objets. Elles sont basées sur l'observation ou l'expérience première.

Les conceptions régulées sont « (...) plus élaborées, elles sont du même type pour l'individu que les concepts ou les théories pour le fonctionnement de la science. Il s'agit le plus souvent d'une généralisation, d'une réflexion réorganisatrice qui conduit à une structure d'ordre supérieur. » (Giordan et al., 1987). L'élève est en mesure d'extraire divers éléments des notions ou de concepts nouvellement acquis pour en dégager de nouvelles propriétés et ainsi les utiliser à d'autres fins explicatives.

Pour Giordan et al. (1987), toute généralisation ne conduit pas nécessairement à un niveau de structuration supérieure. Certaines généralisations peuvent faire obstacle à l'apprentissage.

Les généralisations par emboîtement font en sorte que l'apprenant empile les informations sans arriver à un concept général. L'apprenant reste prisonnier de l'activité, des exemples juxtaposant les notions ou les informations. À ce stade, l'enseignant doit être prudent car ces formulations par emboîtement peuvent être à l'origine de nouveaux problèmes, tandis que les généralisations par extension

conduisent l'apprenant à extrapoler une information nouvelle et à l'appliquer à plusieurs phénomènes.

Pour les besoins de la recherche, nous retenons la classification en deux groupes développée par Giordan et al. (1987), c'est-à-dire les conceptions immédiates et les conceptions régulées. De plus, nous associerons, dans la mesure où les informations recueillies le permettront, les conceptions des apprenants aux obstacles épistémologiques définis par Bachelard (1957) tel que décrit précédemment.

2.3 La façon d'agir sur les conceptions

Dans cette partie nous jetons un regard sur les principaux travaux des quinze dernières années en ce domaine. En premier lieu, nous présentons deux orientations dans l'étude des conceptions. Ensuite, nous précisons le type d'activités qui sera privilégié pour agir sur les conceptions des apprenants.

Depuis les travaux de Bachelard (1957) où il affirmait qu'il fallait déloger les représentations préscientifiques pour former des esprits scientifiques, la recherche a considérablement évoluée. De fait l'étude des conceptions chez les apprenants est relativement récente. Ce n'est que depuis les quinze dernières années que la recherche s'est amplifiée du côté de l'Europe avec Astolfi et Delevay (1989), Giordan et al. (1987) et Giordan et De Vecchi (1987, 1990) dans les pays anglo-saxons avec Driver et Easley (1978) et von Glasersfeld (1989) de même qu'au Québec avec Désautels et Larochelle (1989, 1992).

Deux orientations sont prises dans l'étude des conceptions. D'un côté, Driver et Easley (1978) et Giordan et al. (1987) cherchent à préciser quelles sont les conceptions initiales des apprenants par rapport à des domaines particuliers. Ils se penchent sur l'évolution de ces conceptions et l'existence possible d'obstacles aux apprentissages.

Bruner (1973) fait l'analyse des différents «modes de représentations» distinguant trois modes successifs :

Les représentations *enactives* sont liées aux mouvements et aux perceptions correspondantes du sujet; c'est ce que les psychologues appellent le «niveau sensori-moteur »;

les représentations *iconiques* sont liées aux perceptions visuelles et à la mémoire des images;

les représentations *symboliques* sont liées au langage et aux opérations logiques. (1978, p.140)

L'idée de représentations se regroupant sous trois modes, développée par Bruner (1973), cherche à expliquer comment se construisent les conceptions mais donne peu d'indications sur la manière d'agir sur les conceptions.

L'autre orientation est plus appliquée : Astolfi et Delevay (1989), Giordan Vecchi (1987, 1990), et Désautels et Larochelle (1989, 92) cherchent à mettre en relation les conceptions et à démontrer comment elles peuvent être prises en compte. C'est cette deuxième orientation que nous explorerons dans cette partie de ce chapitre.

La stratégie utilisée vise à tenir compte des conceptions et à faire en sorte que l'apprenant prenne conscience de ses conceptions pour mieux les confronter à

la réalité scientifique. Cette stratégie mise sur la confrontation et le questionnement dans une démarche d'expérimentation par une diversité de moyens pour accéder à un niveau supérieur de formulations. Giordan et al. entrevoyent ainsi cette accession à un niveau supérieur de formulations quand il précise : «(...)les conceptions se construisent soit progressivement, soit par une suite de ruptures partielles, ce qui conduit à des remodelages, des réorganisations du réseau des concepts existants.» (1987, p.40).

Cette stratégie de confrontation et de questionnement à l'intérieur d'une démarche expérimentale devrait permettre d'atteindre des objectifs d'attitudes face à la démarche scientifique. L'attitude devient déterminante puisqu'elle peut être la cause de l'arrêt ou de la poursuite d'activités structurantes du savoir, c'est-à-dire de la continuité même de l'expérimentation et de la confrontation des conceptions. De plus, des attitudes dites scientifiques permettront un véritable questionnement donc une remise en question possible des conceptions. Giordan et De Vecchi (1990) reprennent et modifient les objectifs d'attitudes scientifiques développés par Host. Ces objectifs visent particulièrement à développer des «savoir être» et des «savoir faire».

- L'apprenant devrait être capable de curiosité et d'étonnement (se poser des questions);
- de créativité (formuler des hypothèses, trouver des idées de solutions ou une explication possible);
- d'activités de réalisation ou d'investigation (passer de l'intention à l'acte);
- de pensée critique (autocritique, indépendance d'esprit, vérifier une observation);
- de confiance en soi (réalisation du travail à mener à terme);

- d'ouverture aux autres (travail coopératif, communiquer) et d'ouverture au monde extérieur (conscience des interventions en milieu naturel, application quotidienne de l'attitude expérimentale et critique).

Ces attitudes sont à développer chez l'apprenant, car elles créent les bases d'ouverture pour ainsi agir sur les conceptions. C'est un climat, un état d'esprit que l'enseignant doit installer pour permettre à l'expérimentation d'être ce lieu de questionnement et de confrontation.

De plus, Giordan et al. (1987) soulignent qu'il faut que les apprenants puissent exprimer leurs conceptions. Faire parler les enfants à propos de leurs conceptions n'est pas suffisant car il peut se produire des artefacts provoqués par l'imaginaire ou le plaisir de parler; donc pour une appropriation réelle de leurs conceptions trois types d'activités s'avèrent nécessaires et aucune n'est suffisante à elle seule :

- l'action sur les objets dans le cadre d'un tâtonnement expérimental où l'enfant a l'initiative joue un rôle important dans le développement de la pensée à condition que l'action soit intériorisée, c'est-à-dire qu'elle débouche sur la prise de conscience d'une relation exprimée par le langage;
- les échanges entre enfants où le dialogue n'est pas centré sur l'adulte;
- la communication du savoir scientifique par le maître et la discussion avec les apprenants.

C'est l'apprenant (Giordan et De Vecchi, 1987) qui construit son savoir, donc c'est lui qui doit se trouver en situation de changer ses conceptions. De plus, l'apprenant pourra accéder à un niveau de formulation plus proche du savoir scientifique par une série de corrections successives. À cela il faut ajouter que les conceptions lui servent de point d'ancrage pour s'approprier d'autres

savoirs. Elles sont les structures d'accueil qui permettent la gestion de nouvelles informations.

Pour sa part, Driver (1989) considère l'apprentissage comme un processus d'adaptation dans lequel les représentations des apprenants sont progressivement reconstruites et par le fait même gardées avec une étendue continuellement plus grande d'expériences et d'idées. L'apprentissage est aussi vu comme un processus actif de logique à travers lequel l'apprenant exerce un certain contrôle.

Comme Giordan, Henriquez (1989) insiste sur l'importance de faire ressortir les conceptions de l'apprenant. Il fait remarquer qu'il n'est d'aucune utilité de faire émerger les conceptions si on ne parvient pas à les faire évoluer. Il précise que la stratégie à adopter pour cela consiste à créer des situations conflictuelles pour l'enfant. Henriquez (1989) fait remarquer que psychologues et pédagogues s'entendent à penser que la mise en place de situations où des conflits cognitifs peuvent naître aura une influence importante sur le développement et les modifications des conceptions des apprenants. Giordan et De Vecchi insistent sur la place du questionnement, de la confrontation et d'une multitude de formulations.

Un questionnement (...) permettant l'émergence des conceptions, la prise de conscience de l'existence de contradictions, la possibilité de confrontation des différentes opinions, l'incitation à la recherche, à l'action. (1987, p.152).

Dans un tel contexte les questions ouvertes prennent toute leur importance car elles ouvrent la voie à une plus grande possibilité de réponses. De plus, des

questions d'incitation invitent à la recherche, à l'approfondissement, à l'action (Giordan et De Vecchi, 1987). L'absence de questionnement peut amener à un arrêt dans la construction de la pensée.

La confrontation (Giordan et De Vecchi, 1987) peut se faire à trois niveaux : d'abord d'une contradiction éventuelle entre les conceptions des différents apprenants, ensuite au conflit possible entre les idées des apprenants et la réalité, enfin le conflit avec les modèles de la science. Ces types ou ces lieux de confrontations sont des situations à exploiter pour amener l'apprenant à restructurer le savoir initial vers un palier d'intégration toujours plus près du savoir scientifique.

La multiplication des formulations par l'enseignant (Giordan et al., 1987) va permettre de détacher le sujet de l'action concrète pour l'amener au concept général et lui permettre d'utiliser ce nouveau concept dans des situations nouvelles. Désautels et Larochelle (1992) tiennent un discours similaire et développent l'idée de dérangement épistémologique. De plus, Désautels et Larochelle ajoutent que les activités de type scientifique doivent viser :

(...) chez les personnes le questionnement de leurs représentations en vue de les dépasser et ce, grâce au développement d'une capacité de réfléchir et d'interroger, de manière critique, les postulats qui supportent leurs stratégies de construction de connaissance et celles des autres. (1992, p.77)

De leur côté, Giordan et al. (1987) divisent les activités en deux groupes : des activités fonctionnelles et des activités d'apprentissage scientifique. Tout en

considérant l'activité scientifique importante, ils considèrent incontournable l'activité libre, non dirigée, plus spontanée.

Pour Giordan et al. (1987), les activités fonctionnelles répondent à un besoin, elles n'ont pas en soi une finalité pédagogique mais plutôt une utilité pratique. «Ces activités ne sont a priori ni disciplinaires, ni scientifiques. Dans ce type d'activités, les questions posées ne sont pas spontanément des problèmes, les démarches suivies sont tâtonnantes (...)»(Giordan et al., 1987, p.41). Ces activités ne comportent pas de finalité d'apprentissage en elles-mêmes. Par contre, elles peuvent être très efficaces pour faire émerger les conceptions et faire en sorte que l'apprenant en prenne conscience.

Les activités d'apprentissage scientifique comportent plusieurs éléments. Giordan et al. (1987) en énumèrent quelques-uns :

- position d'un problème, et formulation d'hypothèses;
- investigations (observations, manipulations);
- réalisation de raisonnements de type logique ou analogique;
- élucidation et transformation des représentations;
- structuration et réorganisation de l'acquis;
- documentation et apprentissage systématique de résultats acquis par ailleurs;
- communication des résultats;
- discussion critique, et jugement systématique de résultats obtenus.

Ce type d'activités permettra à l'apprenant de confronter ses conceptions au savoir scientifique dans une démarche basée sur l'expérimentation. Une telle démarche demande un environnement pédagogique suffisamment enrichissant pour permettre cette multitude d'activités. La recherche présente veut vérifier si la simulation par ordinateur procure un environnement adéquat.

2.4 La simulation par ordinateur

Dans cette section, nous présentons quelques définitions pour bien situer la simulation par ordinateur, les types de simulations par ordinateur, les avantages et les limites de la simulation par ordinateur.

2.4.1 Définitions

Il est nécessaire avant d'aborder la notion de simulation par ordinateur de bien circonscrire le terme simulation et de le dissocier des multiples acceptations qui lui sont données. Le terme simulation est souvent associé à des réalités bien différentes. Corbeil, Laveault et St-Germain (1989) distinguent cinq types d'activités qui présentent certains points communs : le jeu, le jeu de simulation, les études de cas, les jeux de rôle et la simulation. Corbeil et al. (1989) donnent les caractéristiques essentielles des différents types d'activités :

Le jeu comporte :

- un but à atteindre;
- des activités à réaliser;
- un esprit de compétition ou de coopération;
- des règles de conduite;
- des résultats visibles;
- des résultats s'inscrivent entre la chance et la stratégie;
- des dimensions récréatives.

Le jeu de simulation
comporte :

- un but à atteindre, des joueurs, des règles;
- une représentation de la réalité;

- des choix analogues à des choix réels;
- des séances de retour en commun portant sur le contenu et le comportement.

L'étude de cas
comporte :

- un scénario représentatif d'une réalité;
- des situations où l'utilisateur doit analyser le contexte du cas;
- des situations où l'utilisateur doit juger de la pertinence d'actions entreprises ou à entreprendre.

Le jeu de rôle
comporte :

- un ou plusieurs acteurs;
- des rôles sociaux ou psychologiques;
- des descriptions générales des rôles;
- un scénario qui évolue selon le jeu des acteurs;
- une séance de retour portant sur la perception du contexte et du déroulement du jeu.

La simulation
comporte :

- une forme de modèle dynamique, opératoire;
- un ou des processus d'un système de référence;
- des comportements qui résultent de variables endogènes et exogènes;
- des comportements stables;
- des situations où elle a recours à une manipulation du temps.

Ces cinq types d'activités ont tous une relation avec la réalité. Elles représentent avec plus ou moins d'importance une réalité. De plus, elles se réfèrent au concept de modèle. Par contre, la simulation a ses propres caractéristiques.

Dans une recherche s'y intéressant, Sauvé (1986) met en évidence quatre propriétés essentielles de la simulation : la réalité, le modèle, la simplification et le dynamisme.

La simulation représente la réalité par un système. Ce « (...) système est un ensemble de composantes qui ont chacune des lois propres et qui ont des lois d'interaction pour atteindre un but, il évolue dans un environnement qui réagit et l'influence. » (Sauvé, 1982, p.149)

D'autre part, le modèle « (...) est une représentation abstraite ou physique d'un système réel ou hypothétique dans lequel les relations entre les composantes sont clairement définies entre elles. » (Sauvé, 1982, p.149). Le modèle est bâti, de préférence, pour simuler un problème spécifique et ne vise pas à reproduire exactement une réalité. La simplification vise à représenter les composantes essentielles d'une réalité pour les apprentissages. Cette simplification exige un haut niveau de fidélité. Finalement, par dynamisme Sauvé entend l'aspect opérationnel et des possibilités plus ou moins grande d'interactivité.

Ce dernier point est traité dans les travaux de Taylor et Walford (1976) qui portent sur la simulation. Il considère que la simulation favorise l'implication de l'élève, elle lui permet de faire certaines expériences, de voir les résultats et de faire l'analyse de ses gestes. Taylor et Walford (1976) font ressortir différents facteurs qui interviennent dans le mécanisme de la simulation.

- Les joueurs assument des rôles qui sont des transpositions exactes du monde réel et prennent leurs décisions en fonction de la manière dont ils perçoivent la situation dans laquelle ils se trouvent.
- Ils sont à même de constater expérimentalement les effets qu'entraînent les décisions et l'attitude tactique qu'ils ont adoptées.
- Les résultats de leurs interventions leur sont présentés et ils se trouvent par là même incités à réfléchir sur la relation de cause à effet existant entre leurs décisions personnelles et les conséquences qui en résultent.

La simulation par ordinateur possède les caractéristiques décrites ci-haut. Par contre, elle possède aussi ses propres particularités. Chevrier, Boulet et Bégin (1985) définissent plus spécifiquement la simulation par ordinateur :

- Une simulation sur ordinateur est la représentation d'une réalité quelconque par un modèle qui est lui-même la représentation simplifiée et théorique de cette réalité.
- L'objectif majeur visé par la simulation par ordinateur est de familiariser l'étudiant avec un modèle, en lui fournissant l'occasion d'étudier les conséquences ou les résultats de l'application de ce modèle dans toutes sortes de conditions et/ou d'amener l'étudiant à proposer des modèles explicatifs de simulation.

Selon Chevrier et al. (1985), la simulation par ordinateur permet à l'élève de vivre des situations qui se rapprochent de la réalité et qui pour des raisons de temps, de coûts ou de danger ne peuvent être vécus en réalité. Elle permet un enseignement individualisé et favorise l'apprentissage par la découverte. De plus, elle développe chez l'élève l'analyse, la critique et la prise de décision.

Dans une étude sur l'apport de l'informatique dans l'enseignement des sciences, Beaufils et Salamé (1989) mentionnent quelques caractéristiques importantes à retrouver dans la simulation par ordinateur :

- l'importance de la richesse conceptuelle des phénomènes simulés et surtout de la fiabilité scientifique des modèles implantés et des données utilisées;
- la variété des méthodes d'investigation auxquelles elle se prête, et dans une certaine mesure leur complexité;
- la marge d'initiative laissée aux élèves dans l'exploration et la recherche de solutions;
- l'existence de systèmes d'aide associés, qui s'avèrent indispensables parce que l'exploration d'environnements ouverts ou complexes n'est pas une activité triviale.

La simulation par ordinateur sera d'autant plus utile et pertinente si les concepts à acquérir sont complexes et si elle vise l'acquisition d'habiletés d'apprentissage global qui requiert de l'apprenant des aptitudes d'analyse et de résolution de problèmes.

2.4.2 Les types de simulation par ordinateur

Beaufils et Salamé (1989) distinguent deux types de simulation par ordinateur ayant des fonctions différentes : l'exploration de phénomènes modélisés et simulés et la conception de modèles par la simulation. Les phénomènes modélisés et simulés peuvent être représentés sous la forme de modèles mathématiques. Selon Beaufils et Salamé (1989), ce type de simulation peut être utilisé pour établir de manière précise les lois qui régissent un phénomène et pour construire des relations. De plus, il peut servir de support dynamique à l'acquisition de savoirs et de compétences dans un domaine traité.

Beaufils et Salamé (1989) précisent que la simulation par ordinateur prendra tout son sens et sa valeur pour l'apprenant si ce dernier mène une investigation organisée en faisant appel aux activités intellectuelles associées à la démarche expérimentale. De plus, ce type de simulation permet «(...) l'obtention d'un grand nombre de résultats en fonction des variations des facteurs intégrés dans le modèle (...)». (Beaufils et Salamé, 1989, p.70).

Il n'en reste pas moins que dans ce type de logiciel les facteurs pertinents sont toujours pré-établis, et que la forme du modèle est pré-définie. La simulation étant un modèle, l'action est portée sur le modèle, elle est donc limitée à la modification des valeurs attribuées à des variables pré-sélectionnées. Andaloro, Donzelli et Sperandeo-Mineo (1991) notent que ce type de simulation contient différents niveaux d'interactivité mais habituellement permet peu d'occasions de changer les modèles avec lesquels les apprenants sont confrontés. Ces logiciels sont utilisés comme aide dans le processus pédagogique pour augmenter l'intérêt à l'aide de graphiques et d'animation tout en favorisant la participation de l'étudiant.

Certains logiciels de simulation permettent la mise au point de modèles construits avec et par les apprenants. Beaufils et Salamé définissent en ces termes ce type de simulation :

Cette démarche consiste (...) à construire une succession de modèles partiels qui sont progressivement

enrichis par l'intégration de variables ou de conditions supplémentaires. Les équations qui décrivent chaque modèle partiel sont mises sur ordinateur. Des exécutions successives (simulations) fournissent des résultats des corrections, des ajustements et l'élaboration de nouvelles équations descriptives du phénomène. (1989, p.71)

Selon Andaloro et al. (1991), l'apprenant qui utilise la simulation par ordinateur est face à «une réalité simplifiée» avec un niveau de complexité défini et visant des caractéristiques qui intéressent le chercheur. Le problème initial est divisé en différentes parties, simplifiées, et finalement reproduites par l'ordinateur. Le scénario pour l'interprétation des phénomènes est construit progressivement, rendant graduellement le modèle plus complexe.

Andaloro et al. (1991) soulignent que les manuels scolaires en sciences physiques présentent habituellement presque exclusivement la connaissance factuelle, alors que la connaissance procédurale consiste en stratégies, tactiques et techniques pour développer, valider et utiliser la connaissance factuelle. Pour l'apprenant, la conception de modèles à l'aide de logiciel de simulation permet le développement de modèles mentaux qui peut constituer un pas vers la connaissance procédurale. Newman (1991) signale qu'un outil permettant aux étudiants de construire leur propre modèle intégrant des composantes différentes comme la source lumineuse, l'orbite, les planètes de diverses grosseurs et formes, amène un modèle qui peut être vu comme un objet façon-

né. Avec ce type d'outil le modèle ne tient pas la place du phénomène mais serait utilisé pour prédire les événements qui pourraient être mesurés dans un environnement précis.

L'utilisation de la simulation pour la conception de modèles (Andaloro et al., 1991; Beaufils et Salamé, 1989) semble donc, en considérant ce nouveau champ de recherche, une voie intéressante et prometteuse. Par contre, ce type de simulation est rare et les logiciels disponibles sont adaptés pour le niveau secondaire.

Pour notre recherche nous utiliserons la simulation par ordinateur avec modèle pré-établi. Ce type de simulation est plus courant et, à notre avis, plus adapté pour le niveau primaire. Il permet à l'utilisateur d'agir sur les paramètres et d'observer les changements engendrés. Comme le souligne Beaufils et Salamé (1989), ce type de simulation permet de faire appel aux activités associées à la démarche expérimentale.

2.4.3 Les avantages et les limites de la simulation par ordinateur

L'analyse des études empiriques (Woodward, Douglas et Gerster, 1988; Berlin et White, 1985) ne permettent pas de tirer des conclusions claires sur l'efficacité de la simulation. Par contre, la plupart des auteurs font ressortir des avantages à utiliser la simulation par ordinateur tout en signalant ses limites.

Loiselle, se basant sur les travaux de Showalter (1970), Dorn (1975) et Blum et Bork (1969), décrit quelques avantages de la simulation par ordinateur :

La simulation demande une participation active de la part de l'étudiant. Celui-ci doit prendre des décisions et proposer des réponses en rapport avec la situation présente.

La simulation favorise le développement du raisonnement inductif. L'étudiant ne connaît pas le modèle sous-jacent à la simulation et tente de découvrir un modèle explicatif en observant les résultats obtenus dans diverses situations.

La simulation permet d'exploiter la capacité de calcul de l'ordinateur. L'étudiant peut alors étudier un phénomène sans se soucier des calculs complexes et souvent répétitifs.

(...) la simulation offre la possibilité de représenter un phénomène à divers niveaux de complexité. On peut (...) adapter le degré de difficulté au niveau de l'étudiant et lui permettre d'étudier des problèmes qui, autrement, apparaîtraient trop complexes. (1987, p.44)

La simulation par ordinateur étant établie à partir d'un modèle de la réalité, elle permet d'explorer cette réalité sans souffrir des inconvénients de cette même réalité. Zietsman et Hewson (1986) signalent que certaines expériences du monde réel sont difficiles à reproduire, souvent trop complexes ou surviennent trop rapidement pour être observées alors qu'elles peuvent être simulées par ordinateur.

De plus, la simulation par ordinateur permet une grande accessibilité au modèle et offre de grandes possibilités de manipulation permettant ainsi une meilleure compréhension du phénomène. La simplification d'un phénomène, souvent complexe dans la réalité, par la simulation permet

la compréhension d'une partie du phénomène. La simulation offre une route simple pour l'étude des modèles possibles, de divers degrés de complexité.

La simulation par ordinateur favorise l'implication de l'élève, elle lui permet de faire certaines expériences, de voir les résultats immédiatement et de faire l'analyse de ses gestes.

La manipulation du modèle offre la possibilité d'explorer une multitude de situation. L'introduction de variables permet d'évaluer les conséquences d'actions. De plus, la simulation permet de formuler différentes hypothèses qui peuvent être vérifiées sans danger ou risque.

Dans une discipline telle la physique, Andaloro et al. (1991) notent qu'une approche centrée sur la conception et la manipulation de modèle aura les avantages suivants :

- a. donner un exemple de la façon dont une partie de la physique est prise en charge de nos jours;
- b. promouvoir le développement de stratégies de connaissance procédurale et des habiletés ignorées dans les cours traditionnels et qui sont concernés par la connaissance factuelle;
- c. développer la compréhension des étudiants dans des domaines où ils ont des difficultés conceptuelles;
- d. rendre possible l'introduction de certains thèmes de la physique actuelle dont les concepts sont accessibles avec une approche impliquant le calcul extensif;
- e. intégrer la connaissance entre divers champs en physique à travers d'autres disciplines.

Par contre, l'utilisation de la simulation par ordinateur comporte ses limites. Berlin et White (1985), soulignent que la simulation étant un modèle de la réalité, elle ne peut remplir toutes les fonctions de l'expérimenta-

tion. L'apprenant n'est pas en contact direct avec la réalité et la capacité d'observation est moins sollicitée. De plus, la simulation ne permet pas d'acquérir certaines habiletés, au niveau de la dextérité en autre. Le développement de telles habiletés nécessite que l'élève manipule directement.

De plus, une trop grande simplification du modèle peut amener des erreurs. Zietsman et Hewson (1986) soulignent que le degré auquel correspond la simulation au monde réel est parfois insuffisant, ce qui aura pour conséquence que les résultats ne seront pas transférables dans la réalité.

Plusieurs auteurs (Berlin et White, 1985; Newman, 1986; Woodward et al., 1988) soulignent que la simulation par ordinateur est un complément à l'expérimentation. Ils ajoutent que, dans certaines conditions, la simulation est plus efficace pour accéder à la représentation abstraite d'un phénomène. Dans le même esprit, Zietsman et Hewson (1986) soulignent qu'une approche qui utilise des stratégies de changement conceptuel en enseignement des sciences, les élèves ont répondu dans le même pourcentage pour une tâche réelle que simulée.

Certaines recherches (Loiselle, 1987; Andalaro et al., 1991) sur la simulation par ordinateur nous amènent à considérer cet outil pédagogique pour agir sur les conceptions des apprenants. La simulation par ordinateur utilisée pour la

présente recherche devra retrouver les caractéristiques importantes énoncées par Beaufiles et Salamé (1989). Pour les besoins de la recherche, cette utilisation de la simulation par ordinateur (un phénomène modélisé et simulé) doit se réaliser à l'intérieur d'une démarche basée sur l'expérimentation comme le précise Beaufiles et Salamé (1989). La simulation par ordinateur doit permettre des activités d'apprentissage scientifique répondant aux critères définis par Giordan et al. (1987) et ainsi permettre d'atteindre des objectifs d'attitudes scientifiques (Giordan et De Vecchi, 1990). La nature des activités doit être suffisamment riche pour amener l'élève à exprimer ses conceptions, à se questionner et à confronter ses propres conceptions à celles du savoir scientifique.

Pour être en mesure de vérifier la pertinence de la simulation par ordinateur pour la transformation des conceptions initiales, la recherche s'appuie sur les travaux de Giordan et al. (1987) et ceux de Giordan et De Vecchi (1987, 1990) quant à la manière d'agir sur celles-ci. Finalement, ce sont les travaux de Bachelard (1957) sur les obstacles épistémologiques et ceux de Giordan et al. (1987) sur les conceptions qui guident la recherche au niveau de la description et de l'analyse des conceptions.

2.5 Objectifs de la recherche

Étant donné que l'on connaît peu l'influence de l'utilisation de la simulation par ordinateur sur les conceptions initiales des apprenants, la présente recherche vise principalement l'objectif suivant :

- Évaluer l'influence de l'utilisation d'un logiciel de simulation sur l'évolution des conceptions initiales des apprenants du niveau primaire en relation avec le cycle de l'eau.

Il s'agit de vérifier si l'utilisation de la simulation par ordinateur est suffisamment efficace pour provoquer des changements de conceptions chez les apprenants. Pour réaliser cet objectif, la recherche vise l'atteinte des objectifs intermédiaires suivants :

- Décrire et analyser les conceptions initiales des élèves de troisième année du primaire face au phénomène du cycle de l'eau.

Cet objectif amènera une meilleure connaissance des conceptions des apprenants dans un domaine spécifique. L'analyse des conceptions initiales des apprenants permettra de mieux saisir les freins à l'apprentissage, l'obstacle caché derrière une idée, une pensée ou un mot.

- Analyser les conceptions initiales en fonction des obstacles épistémologiques définis par Bachelard (1957) et du caractère immédiat ou régulé de ces conceptions tel que défini par Giordan et al. (1987).
- Analyser l'évolution des conceptions initiales suite à l'utilisation d'une simulation.

Cet objectif vise à vérifier si l'utilisation de la simulation par ordinateur a permis des changements de conceptions chez les apprenants.

- Vérifier si les transformations au niveau des conceptions sont durables.

Cet objectif vise à vérifier si les changements de conceptions intervenus chez les apprenants sont intégrés sur une longue période. Nous chercherons à vérifier si ces changements vont persister ou s'ils ont les conditions nécessaires pour durer.

CHAPITRE III

Méthodologie

La recherche a pour objet l'étude de l'influence de la simulation par ordinateur sur les conceptions des apprenants dans un domaine relatif aux sciences de la nature soit le cycle de l'eau. Ce chapitre se divise en quatre sections. Dans la première partie, nous examinons l'approche méthodologique appropriée pour le type de recherche. Ensuite, nous jetons un regard sur la population et l'échantillonnage. La troisième section regroupe la description de la démarche d'expérimentation et la description des instruments de collecte de données. Finalement, la dernière section décrit le procédé pour l'analyse des données.

3.1 Type de recherche

La recherche ne vise pas à comparer l'efficacité de la simulation par ordinateur avec un autre moyen pédagogique mais elle veut vérifier son influence sur les conceptions initiales des apprenants. Pour décrire les conceptions initiales des apprenants et analyser ces conceptions, l'approche méthodologique adoptée est surtout qualitative. De plus, pour vérifier si ces conceptions se sont transfor-

mées et si ces changements sont intégrés, un traitement quantitatif des données est ajouté pour mieux suivre l'évolution des apprenants.

L'une des approches qualitatives utilisées dans les recherches sur le développement cognitif des enfants est la méthode d'entrevue clinique développée par Piaget (1967). Cette approche était utilisée par Piaget avec un nombre restreint de sujets. Giordan et al. (1987) font ressortir un élément essentiel de la méthode d'entrevue clinique qui exige de l'expérimentateur une attitude qui cherche à s'adapter au sujet. Giordan et al. citent les propos de Piaget :

(...) l'expérimentateur intervient en posant de nouveaux problèmes toujours choisis en fonction des réponses précédentes, ou en discutant des réponses données, en montrant les contradictions, non pour faire comprendre, mais pour explorer la structure cognitive sous-jacente, dont on s'efforcera toujours de ne pas sortir, évitant pour cela tout apport de raisonnement nouveau, si ce n'est très consciemment, à titre de réactif. (1987, p.72)

Giordan et De Vecchi (1987) signalent qu'on ne peut s'appuyer totalement sur les méthodes de recherches cognitivistes classiques quant à l'étude des conceptions des élèves. Les obstacles à l'apprentissage ne sont pas évidents. La cueillette d'informations demande d'utiliser plusieurs moyens.

Pour l'étude des conceptions des élèves et leur évolution, Giordan propose un questionnaire écrit, suivi d'un entretien pour faire expliciter leurs réponses et d'une discussion en classe. L'entretien et la discussion sont enregistrés sur magnétophone ou sur magnétoscope. Le questionnaire est suivi de l'action pédagogique puis d'un second questionnaire qui reprend les préoccupations des élèves soulevées lors du premier questionnaire. Finalement, le chercheur

compare les deux questionnaires et peut faire des entrevues avec les élèves pour affiner les réponses au second questionnaire.

Les questions posées doivent être ouvertes, pour éviter que les réponses des élèves soient trop en liaison avec les attentes du chercheur. De plus, Giordan et De Vecchi (1987) insistent sur le fait qu'il ne faut pas se limiter à un seul moyen pour la cueillette d'informations, ce qui pourrait laisser de fausses impressions. C'est le recoupement des informations qui permet au chercheur de répertorier et de caractériser les obstacles et de suivre l'évolution des apprenants.

Notre recherche se fonde en grande partie sur le cadre méthodologique développé par Giordan et De Vecchi (1987). Par contre, il sera également possible d'ajouter des données quantitatives pour appuyer les résultats de notre recherche.

Miles et Huberman (1991) recommandent l'utilisation de données quantitatives pour ainsi appuyer le travail d'analyse du chercheur engagé dans une démarche qualitative. Ils proposent non seulement de décrire mais aussi de vérifier la pertinence des conclusions.

Miles et Huberman (1991) distinguent trois étapes à l'analyse des données qualitatives. Pendant ou immédiatement après la cueillette des données, une première grande étape consiste à la condensation des données. Par cette activité, le chercheur peut examiner la fréquence de certaines données. Compter permet au chercheur de démontrer l'importance des données recueillies et

de voir la tendance générale des données en examinant leur distribution. Il peut repérer les thèmes, les «patterns», les objets présentant des caractéristiques similaires. Il peut regrouper les éléments similaires en fonction d'une ou plusieurs dimensions ou encore trier, élaguer pour organiser les données.

La deuxième étape consiste à la présentation des données. Le chercheur recueille beaucoup d'informations (réponses aux questionnaires, entrevues) et utilise des matrices, des graphiques, des diagrammes ou des tableaux pour présenter les données. Ceux-ci sont conçus pour rassembler l'information et l'organiser sous forme compacte et plus accessible.

Finalement vient la troisième étape d'analyse, d'élaboration et de vérification des conclusions. Miles et Huberman (1991) considèrent qu'il ne suffit pas d'établir des conclusions. Les données doivent être vérifiées quant à leur signification. Les auteurs suggèrent de contrôler la représentativité en augmentant le nombre de cas, de contrôler les effets du chercheur en augmentant le temps direct sur le terrain et de s'assurer de la fiabilité des résultats en augmentant les sources de données (la triangulation).

À l'instar de Giordan, les travaux de ces auteurs indiquent qu'un questionnaire n'est pas suffisant pour recueillir l'information nécessaire à l'analyse. Miles et Huberman (1991) soulignent que les moyens pour la collecte de données doivent être nombreux, faisant appel à la triangulation et à la réplication des données.

Cette approche permet au chercheur d'intervenir directement, par les situations qu'il crée et par les discussions qu'il provoque ainsi que par les interventions ou consignes qu'il donne au cours de l'expérience. L'analyse se fait après l'enregistrement (questionnaire, magnétophones) de l'information.

3.2 Population et échantillon

L'expérience s'est déroulée dans une école de la région de Trois-Rivières avec un groupe classe de dix-neuf élèves du niveau primaire (3^e année). Dix-huit élèves de la classe ont participé à l'expérience sur une base volontaire. Un élève préférait ne pas participer. Une lettre a été envoyée aux parents des enfants leur expliquant la nature du projet de recherche et leur demandant l'autorisation pour la participation de leur enfant. La réponse a été positive chez tous les parents des enfants participants.

Le groupe retenu est un groupe régulier, composé d'éléments forts et faibles et d'un bon noyau d'élèves moyens. Des dix-huit participants, il y a neuf filles et neuf garçons qui ont huit ou neuf ans. Un seul élève a déjà fait sa troisième année. Les enfants ont étudié le thème de l'eau depuis la première année du primaire, sans toutefois toucher au phénomène complet du cycle de l'eau. Les participants n'étaient pas à leur première expérience avec l'ordinateur. Par contre, c'était la première fois qu'ils étaient en contact avec un logiciel de simulation.

Le logiciel de simulation a été choisi en considérant le niveau scolaire des participants, les exigences du programme en sciences de la nature du MEQ, les caractéristiques importantes à retrouver dans la simulation par ordinateur définies par Beaufils et Salamé (1989) et la disponibilité de ce type de logiciel. Le cycle de l'eau est vu dans son ensemble en quatrième année du primaire. L'utilisation du logiciel «Le cycle de l'eau»¹ nous permettait d'aller chercher le maximum de conceptions des apprenants sans les interférences de l'enseignant. Finalement, il y a très peu de logiciels de simulation pour l'enseignement des sciences au primaire. Les logiciels de simulation de qualité sont rares et on en retrouve peu en français.

Le logiciel de simulation «Le cycle de l'eau» est une représentation d'un phénomène naturel modélisé et simulé. L'utilisateur pénètre dans un environnement graphique représentant le phénomène. À l'aide des différentes fonctions, l'utilisateur peut ajouter ou enlever différents éléments qui interfèrent directement ou indirectement sur le cycle de l'eau. L'utilisateur peut ajouter ou enlever une montagne, de la végétation, une ferme, une ville, des usines et il peut aussi changer la température. Le logiciel permet donc d'agir sur les paramètres et d'observer les conséquences des décisions sur le cycle de l'eau.

¹ Le cycle de l'eau (1987). Montréal : C.R.A.P.O.

3.3 Déroulement de l'expérience et collecte de données

L'expérience s'est déroulée en plusieurs étapes. Afin d'intéresser les enfants à participer au projet, une mise en situation, d'une durée de vingt minutes, a été faite en classe. Le chercheur a fait remarquer qu'il y a beaucoup d'accumulation d'eau dans la cour de récréation au printemps. Plusieurs questions ont surgi sur la provenance de cette eau. Les questions des enfants ont débordé rapidement le simple fait énoncé plus haut. L'animateur s'est abstenu de répondre aux questions des enfants. Il a animé la discussion en notant les remarques et les questions des élèves. L'animateur relançait la discussion par des questions en demandant aux élèves de préciser certaines de leurs remarques. Par la suite, les élèves ont été invités à participer à l'expérimentation. Le schéma suivant présente les différentes étapes de la collecte des données :

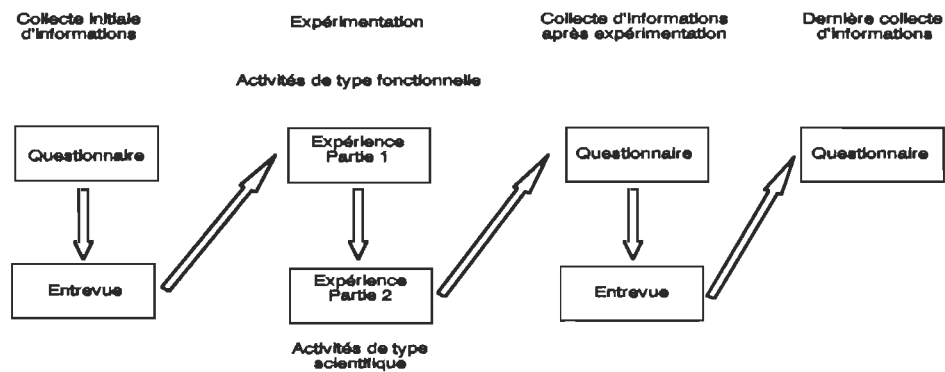


Figure 1 - Étapes de la collecte des données

Auparavant, un questionnaire avait été distribué dans un groupe de quatrième année afin de vérifier la pertinence des questions. Ce groupe était composé de vingt-six élèves. Les questions étaient ouvertes. Après examen, un questionnaire final a été élaboré en reformulant les questions pour éviter que les questions donnent des pistes de réponses. Ce questionnaire, présenté à l'appendice A, a été distribué au début de l'expérience. Les élèves avaient tout le temps nécessaire pour remplir le questionnaire. Trente minutes ont été suffisantes. Ce questionnaire n'avait pas pour objet de mesurer ou d'évaluer des connaissances (les participants ont été avertis qu'il n'y avait aucune évaluation des réponses qu'ils donneraient et qu'aucune réponse n'était considérée comme fausse). Le questionnaire voulait mettre en évidence les conceptions initiales des participants par rapport au cycle de l'eau.

Il a été demandé aux participants de répondre aux questions selon leur connaissance du sujet. Les questions sont ouvertes pour permettre aux participants d'exprimer leur pensée et de ne pas être influencés par des choix de réponses. Les participants devaient répondre à dix questions sur des points spécifiques au cycle de l'eau. Une onzième question leur demandait d'illustrer le cycle complet de l'eau. Le questionnaire a été construit de façon à toucher aux cinq phases du cycle de l'eau, soit l'évaporation, la condensation, la précipitation, le ruissellement et l'infiltration. L'élément pollution a été ajouté puisque ce point est présent dans les programmes du ministère. De plus, il permettait de mieux connaître les conceptions des apprenants sur le cycle de l'eau. Le question-

naire a été construit de telle sorte qu'au moins deux questions se rattachent à chacune des phases.

Afin de permettre une analyse efficace des données, les réponses aux questions ont été regroupées en cinq thèmes. Le thème A regroupe les questions 1 et 2 qui traitent à la formation des nuages. Le thème B regroupe les questions 5b et 6 et traite de la disparition de l'eau et des nuages. Le thème C regroupe les questions 5a, 9 et 10 et traite de la formation d'étendues d'eau. Le thème D regroupe les questions 3, 7 et 8 et traite de la pollution. Finalement, le thème E demande à l'apprenant de synthétiser le cycle de l'eau par un dessin, la question 11. Ces regroupements vont permettre de mieux repérer les réseaux, les croyances, les concepts, les objets présentant des caractéristiques similaires (Miles et Huberman, 1991).

Après la première passation du questionnaire, une entrevue (enregistrée sur bande magnétique) a été faite avec chaque participant. Les entrevues ont duré de cinq à dix minutes par élève. L'entrevue vise deux objectifs. Elle permet de vérifier les réponses des apprenants, c'est-à-dire de vérifier l'exactitude des termes utilisés pour répondre au questionnaire. Ensuite, elle permet aux élèves de préciser leurs réponses et de rendre plus explicite leur pensée. Une brève analyse des réponses au questionnaire a permis de sélectionner les questions qui méritaient une attention particulière lors de l'entrevue. Les réponses ambiguës, les mots qui peuvent contenir plusieurs concepts retenaient notre attention pour l'entrevue. Les questions posées lors de l'entrevue étaient

construites de manière à éviter toute suggestion de réponse à l'apprenant (Ex. : Qu'est-ce que tu veux dire par ce terme? D'où ça vient, où ça va? Si tel facteur ou tel élément n'était pas là, qu'est-ce qui arriverait? Peux-tu m'expliquer ton dessin?). Soulignons que les questions sans réponses n'étaient pas touchées à l'entrevue.

L'expérimentation avec le logiciel s'est déroulée en deux rencontres, d'une durée de trente à quarante minutes chacune. Les enfants étaient conduits au laboratoire d'ordinateurs par groupe de six. Les participants travaillaient seuls à l'ordinateur. Par contre, les participants étaient encouragés à communiquer leurs remarques ou leurs résultats. Cela devait permettre une plus grande interaction entre les participants et ainsi confronter leurs conceptions à celles des autres.

La première partie a comporté des activités de type fonctionnel (Giordan et al., 1987). Ce type d'activités a permis à l'apprenant d'explorer le logiciel «Le cycle de l'eau» de façon empirique et par tâtonnement. L'utilisation du logiciel de simulation était libre. Chaque participant pouvait ajouter ou enlever des éléments liés au cycle de l'eau. À cette étape un nouveau questionnement peut surgir et amener de nouvelles hypothèses de la part de l'apprenant.

La seconde partie a comporté des activités de type scientifique. L'apprenant confrontait ses conceptions au savoir scientifique à l'intérieur d'une démarche guidée. Dans ce type d'activités l'apprenant n'est plus laissé à lui-même. L'animateur joue un rôle plus actif, il intervient directement. Les interventions

visent à faire avancer l'exploration, soulever les questions. De plus, elles visent à permettre une plus grande interaction entre les apprenants et aussi entre l'apprenant et le logiciel. Chaque commentaire des apprenants est soulevé par l'animateur pour confronter ceux-ci à la réalité simulée par l'ordinateur. En aucun moment, l'animateur donne des réponses aux questions.

À la première rencontre, les dix premières minutes ont été consacrées à l'explication du logiciel, du menu à utiliser et du fonctionnement des principales touches. Une autre période de dix minutes a été consacrée à l'exploration libre du logiciel. À cette étape les enfants ont exploré le logiciel par tâtonnement, en utilisant les différentes options du menu. Ils ajoutaient ou enlevaient des éléments.

D'une durée de vingt minutes, l'exploration dirigée du logiciel a débuté à la dernière partie de cette première rencontre. L'animateur demandait aux enfants d'ajouter puis d'enlever un ou des éléments liés au cycle de l'eau. Il leur demandait de dire quelles différences ils observaient ou ce qu'ils remarquaient. Cette exploration a été faite avec l'ensemble des éléments au menu, soit en les prenant un à un ou plusieurs éléments à la fois. De plus, les apprenants étaient amenés à comparer diverses situations.

À la deuxième rencontre, d'une durée de trente minutes, l'exploration dirigée du logiciel s'est poursuivie de façon différente. L'animateur a demandé aux apprenants de faire en sorte qu'il y ait le plus (ou le moins) d'évaporation possible, la même chose a été demandée avec les précipitations et la pollution. Ensuite,

il a été demandé aux participants de comparer la représentation du phénomène par le logiciel et ce qu'ils ont observé dans la nature (Les montagnes arrêtent-elles les nuages comme le logiciel le suggère? La pollution a-t-elle un effet aussi rapide sur les arbres?) Finalement, les apprenants étaient invités à comparer les réponses données lors de la première passation du questionnaire à ce qu'ils percevaient du phénomène après l'exploration du logiciel.

La semaine suivante, le questionnaire initial a été redistribué aux participants. Il s'agissait de vérifier si l'apprenant avait changé ses conceptions suite à l'expérimentation du logiciel.

À nouveau une entrevue, enregistrée sur bande magnétique, a été réalisée avec les participants, suite au questionnaire, pour recueillir davantage de données. Les objectifs étaient les mêmes que lors de la première entrevue.

Le même questionnaire a été distribué trois mois plus tard. Il s'agissait de vérifier si les changements de conceptions étaient significatifs ou si les conceptions s'étaient transformées de nouveau. De plus, il fallait vérifier s'il y avait eu évolution dans cette transformation ou s'il y avait eu retour aux conceptions initiales recueillies lors du premier questionnaire. Rappelons que Giordan (1987a et 1987b) note que le retour aux conceptions initiales après un certain laps de temps est souvent remarqué.

3.4 Analyse des données

Nous présentons dans cette section les différentes parties de notre analyse qui visaient l'atteinte des objectifs. L'analyse des données visait d'abord à connaître les conceptions des apprenants. Cette première partie visait l'étude des conceptions. Les conceptions ont été regroupées pour être analysées en considérant les explications préscientifiques que les apprenants donnent aux phénomènes du cycle de l'eau. Les deux autres parties de l'analyse visaient l'étude de l'effet de la simulation sur les conceptions par un suivi des apprenants.

Une première partie de l'étude consiste à décrire les conceptions initiales des apprenants et à les analyser à partir de la première passation du questionnaire et de l'entrevue qui a suivi. Il a fallu d'abord relever l'ensemble des conceptions des apprenants suite aux trois passations du questionnaire et compléter les informations par le relevé des conceptions recueillies lors des entrevues. Cette compilation a permis de regrouper la totalité des conceptions des apprenants pour chacune des questions autour de cinq thèmes intégrateurs. La présentation de ces données est intégrée à l'analyse sous forme de tableaux. Comme le proposent Miles et Huberman (1991), il s'agit à cette étape de réduire la masse des données et y trouver des configurations (des réponses-types). Ce travail permet de repérer rapidement les patterns.

Par l'analyse des conceptions initiales, la recherche tend à distinguer la nature même de ces conceptions. Quand l'information recueillie le permettait, nous

avons distingué les conceptions immédiates et régulées (Giordan et al., 1987) et nous avons rattaché les conceptions initiales aux obstacles épistémologiques décrits par Bachelard (1957).

Une deuxième partie de l'analyse des données consiste à observer si les conceptions des apprenants ont changé suite à l'expérimentation. Cette partie jette un regard sur l'évolution de chacun des élèves par rapport à chaque thème. Il est considéré qu'il y a changement dans un thème s'il y a changement à une question de ce même thème. La recherche a examiné s'il y a eu évolution entre les différentes passations. Miles et Huberman (1991) proposent de regrouper les données recueillies pour en faire des catégories. L'analyse a permis de faire certaines catégories par rapport à l'évolution des changements observés chez les sujets. Le regroupement en catégories permet de qualifier le type de changement survenu suite à l'utilisation de la simulation par ordinateur.

Six catégories ont été identifiées. La première (Pas de changement de conceptions) regroupe les apprenants qui n'ont pas changé de conceptions tout au long de l'expérimentation. La deuxième catégorie (Changement de conceptions non durables) regroupe les apprenants qui ont changé de conceptions à la deuxième passation du questionnaire et qui sont revenus à leurs conceptions initiales lors de la troisième passation. La troisième catégorie (Changement instable) regroupe les apprenants qui ont changé de conceptions de façon durable à une question sans que ce changement se retrouve à toutes les questions portant sur

le thème. La quatrième catégorie (Changement de conceptions durables) regroupe ceux qui ont changé de conceptions lors de la passation 2 du questionnaire et qui maintiennent ce changement lors de la passation 3. La cinquième catégorie (Changement de conceptions et évolution substantielle à la passation 3) concerne ceux qui ont changé de conceptions lors de la passation 2 du questionnaire et chez qui on remarque une évolution par rapport à la passation 3. Finalement la sixième catégorie (Élaboration de nouveaux concepts lors de la passation 3) est réservée à ceux qui ont maintenu les mêmes conceptions à la passation 2 qu'à la passation 1 du questionnaire et qui développent un nouveau concept lors de la passation 3.

Finalement, nous avons analysé l'évolution des élèves pour l'ensemble des thèmes. Cette partie de l'analyse consiste à vérifier si les apprenants ont changé leurs conceptions par rapport aux divers aspects du cycle de l'eau. Dans cette partie nous avons examiné si certaines conceptions initiales ont disparu suite à l'utilisation de la simulation par ordinateur. Cette vision de l'évolution des apprenants vise à mieux juger de l'influence de la simulation par ordinateur sur les conceptions initiales. De plus, elle permet au chercheur de jeter un regard différent sur les données recueillies.

La deuxième et la troisième partie de l'analyse des résultats comportent l'analyse de données quantitatives. Le traitement quantitatif des données permet une présentation systématique des données. Nous pouvons ainsi préciser les changements des élèves en terme de pourcentage et d'identifier les

thèmes où les changements sont plus ou moins importants. De plus, le traitement quantitatif des données permet d'établir des conclusions sur la nature de ces changements.

CHAPITRE IV

Les résultats

L'analyse des données comporte trois volets afin de répondre le plus adéquatement possible aux objectifs de recherche. Un premier volet vise à décrire et à analyser les conceptions initiales des élèves par rapport au cycle de l'eau. Cette section répond aux objectifs suivants :

- décrire et analyser les conceptions initiales des élèves de troisième année du primaire face au phénomène du cycle de l'eau;
- Analyser les conceptions initiales en fonction des obstacles épistémologiques définis par Bachelard (1957) et du caractère immédiat ou régulé de ces conceptions tel que défini par Giordan et al. (1987) et Giordan et De Vecchi (1987, 1990).

Le deuxième volet porte sur les transformations survenues, suite à l'expérimentation, au niveau des conceptions des apprenants. La recherche vise à vérifier si la simulation par ordinateur amène des transformations durables pour l'ensemble des élèves par rapport à chaque thème.

Finalement, le troisième volet fait l'étude de l'évolution des élèves pour l'ensemble des thèmes. Ces deux volets de l'analyse visent à répondre aux objectifs suivants :

- analyser l'évolution des conceptions initiales suite à l'utilisation d'une simulation et vérifier si les transformations au niveau des conceptions sont durables.

L'ensemble des résultats de la recherche vise l'atteinte de l'objectif premier de la recherche :

- évaluer l'influence de l'utilisation d'un logiciel de simulation sur l'évolution des conceptions initiales des apprenants de troisième année du primaire.

Soulignons que l'appendice B présente, pour chaque participant, les résultats recueillis lors des passations 1, 2 et 3 du questionnaire. Les données recueillies pendant les entrevues sont intégrées dans les tableaux de l'appendice B où elles sont présentées entre parenthèses.

4.1 Description et analyse des conceptions initiales

Cette partie de l'étude se veut d'abord descriptive. Y sont décrites les conceptions initiales relevées à chacune des questions liées aux différents thèmes. Suit une analyse des conceptions à partir des travaux de Giordan et al. (1987), Giordan et De Vecchi (1987, 1990) et Bachelard (1957) déjà exposés dans notre cadre théorique. La recherche ne vise aucunement à classer les conceptions des apprenants d'après leur exactitude scientifique. Elle veut tracer un portrait des conceptions initiales des apprenants et déterminer la nature de ces conceptions.

Pour permettre une analyse efficace des conceptions initiales des apprenants révélées par le questionnaire (passation 1), les questions ont été regroupées sous cinq thèmes intégrateurs.

- A) La formation des nuages : les questions 1 et 2 (Q 1 et Q 2).
- B) La disparition de l'eau et des nuages : les questions 5b et 6 (Q 5b et Q 6).
- C) La formation d'étendues d'eau : les questions 5a, 9 et 10 (Q 5a, Q 9 et Q 10).
- D) La pollution : les questions 3, 7 et 8 (Q 3, Q 7 et Q 8).
- E) Le cycle de l'eau : la question 11(Q 11), le dessin.

La question 4 n'a pas été retenue pour l'analyse des données. Cette question n'apportait pas suffisamment d'informations par rapport au champ étudié.

Thème A : la formation des nuages (Q 1 et Q 2)

Sous ce thème, deux questions ont été regroupées, dans les tableaux 1 et 2, pour connaître les conceptions des apprenants sur la formation des nuages. Le questionnaire et les entrevues permettent de faire ressortir dix conceptions différentes sur la formation des nuages (voir les tableaux 1 et 2). Les réponses aux questions 1 et 2 ont permis de regrouper certaines conceptions soit parce que les réponses sont identiques ou parce qu'elles contiennent des éléments en commun.

Tableau 1

Relevé des conceptions initiales à la question 1

Question	Conceptions initiales des apprenants
1. Comment se forment les nuages?	C 1-1 Avec de la ouate.
	C 2-1 Par de la poussière et/ou du sable.
	C 3-1 Par de la fumée d'usines.
	C 4-1 Par de l'eau évaporée et/ou de la vapeur.
	C 5-1 Par de la vapeur et l'action du soleil.

Tableau 2

Relevé des conceptions initiales à la question 2

Question	Conceptions initiales des apprenants
2. Que contiennent les nuages?	C 1-2 De l'eau, du sable et de la poussière.
	C 2-2 De l'eau et de la fumée d'usines.
	C 3-2 De l'eau et de la neige.
	C 4-2 De l'eau et de l'air.
	C 5-2 De l'eau.
	C 6-2 De l'eau et de la vapeur.

Description des conceptions initiales des apprenants par rapport à la formation des nuages (thème A)

Un apprenant souligne à la question 1 que c'est avec beaucoup de ouate que se forment les nuages (tableau 1). Un élève fait ressortir la notion de poussière et de sable qui apparaît aux questions 1 et 2 (C 2-1 et C 1-2) : «(...)quand il

pleut la poussière descend et quand il fait chaud elle remonte pour former les nuages». Pour cette élève la quantité de ces éléments semble jouer un rôle dans la formation des nuages comme le révèle l'entrevue : «(...)les nuages se forment avec des poussières et du sable en l'air et quand il y en a beaucoup ça forme un nuage».

La question 2 permet de constater que plusieurs apprenants (16) perçoivent la présence d'eau liquide dans la formation ou la composition des nuages (tableau 2). Sauf pour une conception (C 5-2) l'eau est associée à un autre élément, le sable et la poussière, la fumée d'usines, la neige, l'air ou la vapeur. Cette perception de la présence de l'eau dans les nuages est précisée par les apprenants lors des entrevues : «(...) de l'eau que les nuages aspirent», «(...)les nuages contiennent de l'eau et de la neige» et «(...)de l'eau, il pleut donc il y a de l'eau dans les nuages».

Cinq apprenants répondent que la formation des nuages est due à la fumée des usines (C 3-1 et C 2-2). Ces conceptions sont soutenues en entrevue. Pour un élève, aux endroits où il n'y a pas d'usine, c'est le vent qui apporte les nuages. Pour un autre c'est par la fumée des maisons. Un troisième participant dit que sans usine il n'y a pas de nuage.

Treize apprenants font apparaître l'élément vapeur ou eau évaporée aux questions 1 et 2 (tableaux 1 et 2, conceptions C 4-1, C 5-1 et C 6-2). À la question 1, cinq apprenants ont ajouté l'action du soleil (tableau 1, conception C 5-1). Les apprenants indiquent que l'eau s'évapore pour faire des nuages,

que la vapeur peut provenir du fleuve ou de l'eau par terre. Certains donnent, en exemple, l'analogie suivante : «(...)les nuages se forment par de la vapeur, comme la vapeur d'une bouilloire».

Analyse des conceptions initiales par rapport au thème A

Plusieurs des conceptions énumérées plus haut apparaissent de nature immédiate (Giordan et al. 1987 et Giordan et De Vecchi 1987). De plus, plusieurs de ces conceptions peuvent être associées aux obstacles épistémologiques décrits par Bachelard (1957).

À l'obstacle verbal on peut associer la conception que les nuages sont formés par de la ouate (C 1-1). Il apparaît que c'est la métaphore qui prend toute la place, une seule image, ou un seul mot, constitue toute l'explication. (Bachelard, 1957, p.73).

Certaines conceptions sont nées de l'expérience première (Bachelard, 1957). C'est le premier contact avec le réel, un contact spontané, la première observation. Ce que perçoit l'enfant du phénomène devient l'explication «(...)il pleut donc il y a de l'eau dans les nuages.» (tableau 2, conceptions C 3-2, C 4-2 et C 5-2).

Nous remarquons que suite à une observation première sur ce phénomène, les apprenants en arrivent à une généralisation rapide, ce qui peut s'apparenter à un obstacle de la connaissance générale (Bachelard, 1957). C'est le cas de certains apprenants qui identifient la fumée d'usines comme étant une

explication à la formation des nuages (tableaux 1 et 2, conceptions C 3-1 et C 2-2). À première vue, cette conception peut apparaître comme un obstacle de l'expérience première. L'enfant voit la fumée monter dans le ciel et en conclut qu'elle forme les nuages. Par contre, les données recueillies durant l'entrevue suggèrent qu'ils en faisaient une généralisation en ajoutant que le vent transporte la fumée d'usines ou que la fumée des maisons permettra la formation de nuages.

Un apprenant explique la présence d'eau en disant que les nuages l'aspirent. Cette conception prête vie au nuage, il est capable d'action, il va aspirer l'eau. Cet obstacle paraît être du type animiste selon Bachelard (1957).

Finalement, les conceptions faisant état de la vapeur ou de l'eau évaporée et de l'action du soleil (tableaux 1 et 2, C 4-1, C 5-1 et C 6-2) semblent démontrer que ces apprenants ont développé des concepts plus élaborés, s'approchant du savoir scientifique. Ces conceptions sont souvent le produit d'une réflexion réorganisatrice qui peut conduire à une structure d'ordre supérieur que Giordan et al. (1987) et Giordan et De Vecchi (1987) décrit comme étant des conceptions régulées.

Thème B : la disparition de l'eau et des nuages (Q 5b et Q 6)

Ces questions ont été regroupées sous un même thème pour connaître les conceptions des apprenants par rapport à la disparition de deux éléments soit

l'eau ou les nuages (la vapeur). Dix conceptions ressortent du questionnaire et de l'entrevue.

Tableau 3

Relevé des conceptions initiales à la question 5b

Question	Conceptions initiales des apprenants
5b. Comment expliques-tu la disparition de cette eau?	<p>C 1-5b Cette eau disparaît.</p> <p>C 2-5b Elle s'évapore.</p> <p>C 3-5b Elle s'évapore et elle va dans les nuages.</p> <p>C 4-5b Elle s'évapore par l'action du soleil.</p> <p>C 5-5b Elle va dans la terre et elle s'évapore.</p> <p>C 6-5b Elle va dans la terre et elle va au fleuve.</p>

Tableau 4

Relevé des conceptions initiales à la question 6

Question	Conceptions initiales des apprenants
6. Comment expliquer qu'après un orage, les nuages disparaissent souvent?	<p>C 1-6 Par l'action du soleil.</p> <p>C 2-6 Les nuages n'ont plus de pluie et ils s'en vont aspirer d'autre eau.</p> <p>C 3-6 Par l'action du vent.</p> <p>C 4-6 Les nuages se sont vidés de leur eau.</p>

Description des conceptions initiales des apprenants par rapport à la disparition de l'eau et des nuages (thème B)

Six conceptions se rapportent à la disparition de l'eau au sol (voir le tableau 3). Pour un apprenant, l'eau disparaît sans autre explication (C 1-5b). Par contre, pour plusieurs (14 sujets) l'évaporation joue un rôle important dans la disparition de cette eau (C 2-5b, C 3-5b, C 4-5b et C 5-5b); certains ajouteront que cette eau va dans les nuages, d'autres diront que c'est par l'action du soleil qu'elle s'évapore. Pour deux apprenants, l'eau peut disparaître d'au moins deux façons; pour un, l'eau va dans la terre et parfois elle va au fleuve et pour un autre elle s'évapore et elle va dans la terre (C 5-5b et C 6-5b).

Seulement quatre conceptions expliquent la disparition des nuages. Deux confèrent au soleil un rôle majeur (C 1-6), l'action du soleil est déterminante «(...)c'est le soleil qui est très chaud, il pousse les nuages et il fait arrêter la pluie». En réponse à une question dans l'entrevue, un apprenant considère que les nuages se déplacent pour aller aspirer d'autre eau (C 2-6). Quelques-uns (3) expliquent la disparition des nuages par l'action du vent (C 3-6), les apprenants ont répondu que le vent pousse les nuages. Un élève dit que le vent est très fort pendant un orage. Un autre élève dit que les nuages vont de l'autre côté de la terre. Le troisième élève ne sait pas où vont les nuages. Finalement, cinq apprenants expliquent la disparition des nuages parce qu'ils se sont vidés de leur eau lorsque la pluie tombe (C 4-6).

Analyse des conceptions initiales par rapport au thème B

La disparition d'eau au sol par évaporation semble un concept relativement bien intégré par les apprenants. La notion d'évaporation apparaît dans quatre conceptions différentes (tableau 3, C 2-5b, C 3-5b, C 4-5b et C 5-5b). De plus, certains apprenants perçoivent que l'eau au sol peut disparaître par plus d'un moyen (C 5-5b et C 6-5b); l'eau peut aller dans la terre (l'infiltration), au fleuve ou encore s'évaporer. L'ensemble de ces conceptions indique que les apprenants possèdent une ou plusieurs notions sur ce concept. Ces conceptions nous apparaissent de nature régulée parce qu'elles semblent le résultat d'une organisation de notions ou de concepts qui amène une généralisation. Par contre, pour un apprenant l'eau disparaît sans plus, ne pouvant aller plus loin (C 1-5b). Cette conception révèle que ce concept d'évaporation n'est pas intégré par tous.

Si la disparition de l'eau au sol par évaporation semble une notion acquise par la plupart des élèves, ce n'est pas le cas pour la disparition des nuages (tableau 4). La recherche a permis d'identifier quelques conceptions dites immédiates (Giordan).

Certaines de ces conceptions peuvent s'apparenter à l'obstacle de la connaissance générale (Bachelard) puisque les apprenants élaborent une généralisation rapide suite à une observation. Par exemple, les apprenants qui expliquent le phénomène de la disparition des nuages par l'action du soleil (C 1-6). Il semble en déduire que la chaleur du soleil joue le rôle décrit précédemment. Il donne

aussi une explication pratique à un phénomène : le soleil peut pousser les nuages et faire arrêter la pluie. C'est une autre forme de généralisation que Bachelard identifie comme l'obstacle de la connaissance pragmatique.

On retrouve le même type d'obstacle épistémologique, celui de la connaissance générale, quand certains apprenants expliquent le phénomène de la disparition des nuages par l'action du vent (C 3-6). Dire que les nuages peuvent disparaître par l'action du vent n'est pas dénué de tout fondement. Par contre, en y regardant de plus près on découvre que sous une «vérité» il peut se cacher des conceptions immédiates et elles peuvent faire obstacle à la connaissance. Les apprenants disent que le vent pousse les nuages, mais l'un d'eux ajoute qu'ils sont tous tombés pendant l'orage. Un autre dit que les nuages vont de l'autre côté de la terre; s'ils ne sont plus là c'est qu'ils sont ailleurs.

Un apprenant soutient la même conception vue dans le thème A. «(...) les nuages n'ont plus de pluie, ils vont au-dessus du fleuve aspirer d'autre eau(...)». L'apprenant prête vie au nuage et lui donne la fonction d'aspirer. On peut parler d'obstacle animiste (Bachelard).

Thème C : la formation d'étendues d'eau (Q 5a, Q 9 et Q 10)

Ce thème regroupe trois questions visant à recueillir les conceptions des apprenants sur la formation d'étendues d'eau, en tenant compte de leur environnement familier; c'est-à-dire l'apparition d'eau sur la cour de récréation, la formation d'un ruisseau et de petites rigoles (voir tableaux 5, 6 et 7).

Tableau 5

Relevé des conceptions initiales à la question 5a

Question	Conceptions initiales des apprenants
5a. Comment expliques-tu qu'il y a de l'eau dans la cour de récréation?	C 1-5a À cause de la brume. C 2-5a Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.

Tableau 6

Relevé des conceptions initiales à la question 9

Question	Conceptions initiales des apprenants
9. Comment expliques-tu la formation d'un ruisseau?	C 1-9 Avec de l'eau. C 2-9 L'eau se fait un chemin. C 3-9 Le fleuve verse de l'eau dans le ruisseau. C 4-9 Par la pluie. C 5-9 Par la pluie et les égouts. C 6-9 Par la pluie et l'action de l'homme. C 7-9 Par la pluie et la présence de trous. C 8-9 Par la pluie et l'eau qui creuse la terre.

Tableau 7

Relevé des conceptions initiales à la question 10

Question	Conceptions initiales des apprenants
10. Comment expliques-tu la formation de petites rigoles dans les rues après une forte pluie?	C 1-10 Par la pluie qui tombe. C 2-10 À cause de la quantité de pluie tombée. C 3-10 Par le fleuve ou des tuyaux sous la terre. C 4-10 Ça fait un courant vers les égouts, c'est comme aspiré par les égouts. C 5-10 L'eau se fait ou se creuse un passage. C 6-10 Par la présence de trous. C 7-10 C'est dû à une pente.

Description des conceptions initiales des apprenants par rapport à la formation d'étendues d'eau (thème C)

Sous ce thème plusieurs conceptions apparaissent, par contre en les regroupant, elles peuvent être limitées à onze. Plusieurs apprenants identifient la pluie comme étant la cause de formation d'étendues d'eau (tableaux 5, 6 et 7, conceptions C 2-5a, C 4-9 et C 1-10). De même pour les conceptions qui donne la propriété à l'eau et à la pluie de creuser ou de se faire un passage ont été regroupées (tableaux 6 et 7, conceptions C 2-9, C 8-9 et C 5-10). Il y a ensuite les apprenants qui identifient que c'est le fleuve qui est la cause de ces étendues d'eau (tableaux 6 et 7, conceptions C 3-9 et C 3-10). Finalement, les conceptions qui expliquent la formation de ruisseaux ou de rigoles par la présence de trous (tableaux 6 et 7, conceptions C 7-9 et C 6-10) peuvent être regroupées.

Un apprenant identifie que c'est la brume qui amène l'eau dans la cour de récréation (tableau 5, C 1-5a). Pour l'ensemble des apprenants, la pluie joue un rôle important dans la formation d'étendues d'eau, de nombreuses conceptions y font référence avec quelques nuances ou différences. Tous les apprenants affirment à un moment ou à un autre qu'une étendue d'eau se forme parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu (tableau 5, 6 et 7, C 4-9, C 2-5a et C 1-10).

Les réponses aux questions 9 et 10 sur la formation de ruisseaux et de rigoles sont plus diversifiées. Trois apprenants ont répondu que c'est la présence de

trous (tableau 6, C 7-9) qui permet la formation de ruisseaux. Un autre explique le phénomène par les égouts qui amènent l'eau au ruisseau (tableau 6, C 5-9). Un élève a répondu que c'est la pluie et l'eau qui creusent la terre et forment un ruisseau (tableau 6, C 8-9). Un apprenant affirme que les rigoles se forment parce qu'il est trop tombé de pluie (tableau 7, C 2-10). Finalement, un apprenant ajoute en entrevue que : «le ruisseau se remplit par la pluie et quand il ne pleut pas ce sont les employés de la ville qui viennent remplir le ruisseau avec leur camion» (tableau 6, C 6-9).

Trois apprenants donnent un rôle important aux égouts dans la formation d'étendues d'eau. Pour deux élèves les égouts (tableau 6, C 5-9) ou les tuyaux sous terre amènent l'eau au ruisseau (tableau 7, C 3-10). Pour un autre, l'eau de la pluie fait un petit courant qui la fait aller dans les égouts. L'eau est comme aspirée par les égouts (tableau 7, C 4-10).

Finalement l'idée de pente (tableau 7, C 7-10) est mentionnée par deux apprenants pour expliquer la formation de petites rigoles dans les rues après une forte pluie. Pour un, la pluie tombe dans les rues, l'eau suit une pente et va sur le bord des rues. L'autre élève utilise une comparaison, la rue est comme une montagne (une pente) et l'eau ne peut y rester, elle coule.

Analyse des conceptions initiales par rapport au thème C

Tout comme au thème B alors que le concept de l'évaporation pour expliquer la disparition d'eau au sol était dominant chez les apprenants, celui de la pluie

pour expliquer la formation d'étendues d'eau au sol l'est aussi au thème C. Même si ce concept peut sembler, à première vue, une explication acceptable ou du moins satisfaisante puisqu'il comprend un élément important de l'explication du cycle de l'eau, il est possible d'y rattacher quelques conceptions immédiates.

Certains apprenants donnent une explication à partir de ce qu'ils connaissent ou de ce qu'ils ont vu sans arriver à une généralisation, ils décrivent ce qu'ils voient, ils croient alors comprendre. Ce type d'obstacle peut s'apparenter à celui de l'expérience première (Bachelard). Pour plusieurs participants, la pluie n'est pas suffisante pour expliquer la formation d'une étendue d'eau. Ils ont vu les égouts se déverser dans un ruisseau (tableau 6, C 5-9) ou même des gens y apporter de l'eau (tableau 6, C 6-9).

Un apprenant va plus loin dans son explication. Le courant se fait vers les égouts parce que l'eau est comme aspirée par celles-ci (tableau 7, C 4-10). L'image peut devenir le fondement explicatif, ce qui ressemble à un obstacle verbal.

Des apprenants expliquent la formation d'un ruisseau parce que l'eau creuse la terre ou elle se creuse un passage (tableaux 6 et 7, C 8-9, C 2-9 et C 5-10). La propriété de creuser peut cacher un obstacle à l'apprentissage du type animiste. Par contre, certains apprenants font un effort pour expliquer le concept du ruissellement «(...)la rue est comme une montagne ou une pente alors l'eau ne peut y rester, elle coule(...)» (tableau 7, C 7-10). La métaphore est utilisée mais

elle ne devient pas le cadre explicatif mais plutôt un nouveau réseau explicatif «(...)la pluie tombe dans les rues, l'eau suit une pente, ça va sur le bord des rues(...)». C'est une conception de nature régulée où les apprenants élaborent un concept du même type que celui décrit par les conceptions scientifiques reconnues.

Thème D : la pollution (Q 3, Q 7 et Q 8)

Trois questions ont été consacrées à ce thème (voir les tableaux 8, 9 et 10). Signalons que la plupart des apprenants (12) n'ont pas répondu aux questions 7 et 8. Soulignons que le thème était relativement nouveau et complexe pour les élèves de troisième année du primaire.

Tableau 8

Relevé des conceptions initiales (types) à la question 3

Question	Conceptions initiales des apprenants
3. Qu'arrive-t-il à la fumée qui sort des cheminées d'usines?	C 1-3 Elle pollue l'air ou l'environnement.
	C 2-3 Elle s'évapore et elle va dans le ciel.
	C 3-3 Elle va dans les nuages.
	C 4-3 Elle fait de la pollution et elle va dans les nuages.
	C 5-3 Elle fait de la pollution qui va dans les nuages et qui redescend quand il pleut.

Tableau 9

Relevé des conceptions initiales (types) à la question 7

Question	Conceptions initiales des apprenants
7. As-tu déjà entendu parler des pluies acides? C'est une cause de pollution. Comment expliques-tu que la pluie peut polluer?	C 1-7 Par la poussière et le sable qui s'évapore.
	C 2-7 À cause des déchets.
	C 3-7 À cause de l'air qui est pollué.
	C 4-7 À cause de la fumée d'usines qui contient de la pollution et qui va dans les nuages.

Tableau 10

Relevé des conceptions initiales (types) à la question 8

Question	Conceptions initiales des apprenants
8. On dit que les pluies acides font mourir les érables. Comment l'expliques-tu?	C 1-8 L'acide provient des orages et des éclairs ou des poussières et du sable qui s'évaporent.
	C 2-8 À cause de la fumée.
	C 3-8 L'acide est un poison qui tombe sur les érables (les feuilles) et ça les fait mourir.
	C 4-8 Elle pollue par les racines.

Description des conceptions initiales des apprenants par rapport à la pollution (thème D)

Les trois questions posées sur ce thème ont fait apparaître treize conceptions chez les apprenants (Voir les tableaux 8, 9 et 10). Sous ce thème, peu de

regroupement des conceptions peuvent se faire entre les questions puisque celles-ci se complètent les unes par rapport aux autres.

Par rapport à la question 3 (voir tableau 8), les conceptions se regroupent principalement sous deux notions. Cinq apprenants considèrent que la fumée qui sort des cheminées d'usines pollue (C 1-3). Pour sept élèves, elle va dans le ciel ou dans les nuages (C 2-3 et C 3-3). Par contre, cinq apprenants combinent ces deux notions (C 4-3 et C 5-3). Cette fumée pollue l'air et l'environnement, elle fait de la pollution qui va dans le ciel et qui fait des nuages.

Un apprenant affirme que la fumée forme des nuages noirs. Pour un autre, cette fumée forme de la poussière qui va dans les nuages. Un élève dit que cette fumée se forme en paquet avant d'aller dans les nuages. Finalement, six apprenants pensent que la fumée d'usines fait de la vapeur polluée ou encore qu'elle fait de la pollution qui monte dans les nuages et quand il pleut elle redescend.

À la question 7 (voir le tableau 9), les réponses ont été regroupées selon quatre conceptions. Comme à la question précédente la notion de pollution est apparue chez quatre apprenants (C 3-7 et C 4-7). Un apprenant fait apparaître que la pluie est toute sale à cause de la poussière et du sable qui s'évaporent (C 1-7). Pour un autre, les déchets en sont la cause sans autres explications (C 2-7). Un apprenant dit que l'air est pollué (C 3-7). Finalement trois autres

disent que c'est à cause de la fumée des usines qui va dans les nuages et qui contient de la pollution (C 4-7).

Trois apprenants indiquent que : «l'acide c'est fort comme un poison et elle arrive sur les érables (les feuilles) pour les faire mourir» (C 3-8). Un apprenant explique lors de l'entrevue : «que sur nous aussi ça fait mal, ça brûle». Un autre a répondu que : «ça ne nous fait rien parce que les érables sont fragiles et pas nous». Finalement, un apprenant a répondu que les pluies acides polluent par les racines, sans autres commentaires (C 4-8).

Analyse des conceptions initiales par rapport au thème D

Plusieurs conceptions immédiates ressortent au thème D. Des apprenants font référence à la poussière, au sable et aux déchets (C 1-7 et C 2-7) qui s'évaporent dans les nuages. Ces conceptions semblent du type de l'obstacle verbal. Les apprenants transfèrent une connaissance où le mot «évaporation» s'applique à plusieurs phénomènes. Tout ce qui va dans les nuages est le produit de l'évaporation.

De plus, une conception, reprise par plusieurs apprenants, apparaît être un obstacle de l'expérience première. Ces apprenants perçoivent la pollution par les pluies acides en voyant celles-ci tomber sur les érables (C 3-8), sur les feuilles, pour ensuite les faire mourir. Les apprenants voient la pluie tomber sur les feuilles, ils semblent en conclure que c'est ainsi que les pluies acides s'atta-

quent aux érables. De plus, ils justifient leur réponse en se référant à leur propre expérience.

Certaines conceptions sont de nature régulée. Par exemple, un apprenant explique que la pollution va dans les nuages et redescend quand il pleut (C 5-3). Un autre apprenant explique que la pluie peut polluer à cause de la fumée d'usine qui contient de la pollution et qui va dans les nuages (C 4-7). Ces apprenants avancent une conception structurée. Finalement, un apprenant dit que les pluies acides polluent par les racines (C 4-8). Il paraît y avoir une compréhension que la pluie s'infiltre d'abord dans la terre avant de remonter dans l'érable par les racines.

Thème E : le cycle de l'eau par un dessin (Q 11)

Ce dernier thème traite du cycle de l'eau dans son ensemble et fait appel à une seule question. Il a été demandé aux élèves de dessiner le chemin que parcourt l'eau de la pluie. Les apprenants étaient invités à raconter leur dessin lors de l'entrevue.

Le tableau 11 fait ressortir les éléments du cycle de l'eau qui apparaissent dans le dessin de l'apprenant. L'analyse du dessin se base sur la présence des éléments suivants : le soleil, un ou des étendues d'eau, l'évaporation, un ou des nuages (condensation), la pluie (précipitation), la pollution. Des éléments comme la végétation, le sol et les égouts ont été aussi retenus puisqu'ils jouent un rôle dans le cycle de l'eau. L'infiltration et le ruissellement sont difficiles à

illustrer, l'entrevue indique toutefois à l'occasion que ces notions sont présentes dans les conceptions des sujets.

Tableau 11

Relevé des conceptions initiales (types) à la question 11

Question	Conceptions initiales des apprenants
11. Dessine-moi le chemin que parcourt l'eau de la pluie.	C 1-11 Le dessin représente de l'eau qui coule sur le bord de la rue et qui coule dans l'égout.
	C 2-11 Le dessin représente de la pluie et une ou des étendues d'eau.
	C 3-11 Le dessin représente des nuages, de la pluie et une ou des étendues d'eau. (ruisseau, fleuve, mer et océan).
	C 4-11 Le dessin représente des nuages, de la pluie, une ou des étendues d'eau et de la végétation.
	C 5-11 Le dessin représente un nuage, de la pluie, une ou des étendues d'eau et un égout.
	C 6-11 Le dessin représente une ou des étendues d'eau, l'évaporation, un ou des nuages et de la pluie.
	C 7-11 Le dessin représente un soleil, des nuages, de la pluie et une ou des étendues d'eau.
	C 8-11 Le dessin représente un soleil, une ou des étendues d'eau, de l'évaporation, un ou des nuages, de la pluie et le sol.
	C 9-11 Le dessin représente un soleil, une ou des étendues d'eau, de l'évaporation, des nuages, de la pluie, le sol et les égouts.

Description des conceptions initiales des apprenants par rapport au cycle de l'eau (thème E)

Il est à noter que les explications des élèves viennent souvent compléter des dessins réalisés. Par exemple, un apprenant ne représentait que de l'eau qui coule sur le bord de la rue vers l'égout (C 1-11), il ajoute dans l'entrevue que «(...)l'eau se rend au fleuve et va s'évaporer». Un autre apprenant représente seulement de la pluie et des étendues d'eau (C 2-11). Par contre, lorsqu'il raconte son dessin, plusieurs éléments du phénomène s'ajoutent «(...)la pluie tombe, ça va dans un ruisseau, une rivière, le fleuve et la mer après elle s'évapore, ça fait de la pluie et ça recommence.»

Cinq apprenants ont représenté des nuages, de la pluie et une ou des étendues d'eau (C 3-11). En entrevue, l'explication diffère. Pour deux de ces élèves, l'explication ne dépasse pas le dessin. Pour l'un d'eux, la pluie tombe, elle forme un ruisseau qui va dans le fleuve puis dans la mer. Pour un autre élève, il y a d'abord un nuage, ensuite la pluie tombe dans le fleuve. Il ajoute que «(...)du fleuve l'eau s'est évaporée et il pleut». Un dernier parvient à une explication plus complexe «(...)le soleil fait évaporer l'eau qui forme des nuages, il pleut, ça forme des flaques d'eau qui vont dans les égouts, puis dans les ruisseaux, les lacs, le fleuve et la mer, après cela recommence(...)».

De son dessin (C 4-11) un apprenant ajoute «(...)la pluie tombe, elle forme une flaque d'eau qui s'évapore et ça recommence». Deux apprenants ajoutent à leur dessin (C 5-11) que l'eau se rend au fleuve ou à la mer et s'évapore. Par

contre, l'un d'eux précise que «(...)la pluie tombe, l'eau fait une petite rigole qui va dans les égouts, puis dans les lacs, dans le fleuve et dans la mer, quand il y a trop d'eau dans la mer ça peut faire des inondations ou l'eau s'évapore.»

Au dessin décrit en C 6-11, les trois apprenants ajoutent l'idée de cycle comme le montrent les trois extraits suivants «(...)le soleil fait évaporer l'eau de la mer qui forme des nuages, il pleut ça tombe dans les lacs et c'est tout le temps de même», «(...)le niveau du lac est plus élevé, il y a de la vapeur, le nuage grossit, il pleut, le nuage diminue et le niveau du lac remonte», et «(...)la pluie tombe, elle forme une flaque d'eau qui s'évapore et ça recommence.»

La même idée vient compléter le dessin fait par un apprenant en C 7-11 «(...)le soleil fait évaporer l'eau qui forme des nuages, il pleut, ça forme des flaques d'eau qui vont dans les égouts, puis dans les ruisseaux, les lacs, le fleuve et la mer après cela recommence.»

Les dessins décrits en C 8-11 sont assez complexes. Un apprenant s'est limité lors de l'entrevue au contenu de son dessin «(...)la pluie tombe, elle forme un ruisseau qui se rend à la mer, puis l'eau s'évapore par le soleil.» Tandis qu'un autre amène l'idée de cycle «(...)le soleil fait évaporer l'eau qui forme des nuages, il pleut, ça forme des flaques d'eau qui vont dans les égouts, puis dans les ruisseaux, les lacs, le fleuve et la mer après cela recommence.»

Finalement, le dernier dessin comporte plusieurs éléments du cycle de l'eau (C 9-11). En entrevue, l'apprenant se limite à décrire le contenu de son dessin

«(...)le soleil fait évaporer l'eau du lac, ça forme des nuages, il pleut, ça tombe dans la rue puis ça va dans les égouts et ça reste là.»

Analyse des conceptions initiales par rapport au thème E

Malgré l'aspect rudimentaire de certains dessins (C 1-11 à C 5-11), l'entrevue a permis de faire ressortir certains éléments chez les apprenants par rapport au cycle de l'eau : la présence de nuages, de pluie, d'étendues d'eau, d'égouts et d'évaporation et même l'idée de cycle. Notons que le concept de l'évaporation n'est pas facile à dessiner.

Plusieurs de ces conceptions du cycle de l'eau nous apparaissent de nature immédiate. Certains apprenants se limitent à des aspects bien particuliers comme la rue, l'égout et une rigole (C1-11) ou un nuage, de la pluie et une flaque d'eau (C 3-11). Ces conceptions semblent se rattacher à l'obstacle de l'expérience première. Les apprenants se limitent à la première observation, au premier contact avec le réel, ce qui conduit à limiter toute explication.

Un autre apprenant, dans sa tentative d'expliquer plus en détail le phénomène du cycle de l'eau, signale que l'évaporation est le produit d'une grande quantité d'eau dans la mer. Cette conception (C 5-11) qui se veut une généralisation rapide suite à une observation semble se rattacher à l'obstacle de la connaissance générale.

Quelques apprenants semblent avoir élaboré des conceptions régulées (C 7-11, C 8-11 et C 9-11). Les dessins du cycle de l'eau sont élaborés et ils représen-

tent davantage l'ensemble du concept. On y retrouve le soleil, l'évaporation, les nuages, la pluie, des étendues d'eau, les égouts et l'idée de cycle qui est exprimée lors des entrevues.

Malgré l'aspect rudimentaire des dessins, les entrevues ont permis de faire ressortir que certaines conceptions tiennent compte de la complexité du phénomène du cycle de l'eau. Les conceptions C 2-11 et C 6-11 apparaissent de nature régulée parce qu'elles établissent des liens entre divers phénomènes liés au cycle de l'eau.

L'analyse des conceptions initiales présentée dans les pages précédentes conduisent à certains constats. Elle a permis d'identifier certaines conceptions immédiates et d'autres régulées. De plus, cette analyse a permis d'y associer différents obstacles épistémologiques définis par Bachelard (1957).

Au thème A, sur la formation des nuages, plusieurs des conceptions énumérées (8) apparaissent de nature immédiate. Ces conceptions sont associées à quatre obstacles épistémologiques : l'obstacle verbal, l'obstacle de l'expérience première, l'obstacle de la connaissance générale et l'obstacle animiste. Finalement, les apprenants ont fait ressortir quelques conceptions (3) de nature régulée.

Au thème B, sur la disparition de l'eau et des nuages, nous avons identifié peu de conceptions immédiates. Ces conceptions, au nombre de trois, se regroupent sur un même point, soit la disparition des nuages. À ces concep-

tions, nous avons identifié trois obstacles épistémologiques : l'obstacle de la connaissance générale, l'obstacle de la connaissance pragmatique et l'obstacle animiste. Finalement, la plupart des conceptions énumérées pour la disparition de l'eau au sol semblent de nature régulée.

Au thème C, sur la formation d'étendues d'eau, quelques conceptions immédiates ont été identifiées. À partir de ces conceptions, trois obstacles épistémologiques ont été décelés : l'obstacle de l'expérience première, l'obstacle verbal et l'obstacle animiste. Peu de conceptions de nature régulée ont été identifiées.

Au thème D, sur la pollution, plusieurs apprenants ont fait ressortir des conceptions immédiates qui ont été associées à deux obstacles épistémologiques : l'obstacle verbal et l'obstacle de l'expérience première. Quelques conceptions étaient de nature régulée. Rappelons que plusieurs apprenants (12) n'ont pas répondu aux questions sept et huit dû à la nouveauté et à la complexité du thème pour ces élèves.

Au thème E, le dessin sur le cycle de l'eau nous a permis de faire ressortir certaines conceptions immédiates se rattachant à l'obstacle de l'expérience première et à la connaissance générale. De plus, quelques dessins démontraient le caractère régulé de certaines conceptions.

4.2 Évolution de l'ensemble des élèves par rapport à chaque thème

Cette partie de l'analyse a été réalisée suite à une analyse individuelle des réponses de chaque élève citées à l'appendice B. Cette analyse a permis de regrouper les conceptions des apprenants en six catégories. Ces catégories sont expliquées dans la section analyse des données de la méthodologie (Chapitre III) et elles sont intégrées aux tableaux 12 et 13.

Tableau 12

Synthèse de l'analyse individuelle des élèves en regard de chaque thème

	Thème A	Thème B	Thème C	Thème D	Thème E
Pas de changement de conceptions.	5	8	7	1	3
Changement de conceptions non durables.	1	3	3	3	7
Changement instable.	2	0	1	3	0
Changement de conceptions durables.	4	2	2	4	7
Changement de conceptions et évolution substantielle à la passation 3.	4	2	0	3	1
Élaboration de nouveaux concepts lors de la passation 3.	2	3	5	4	0

Tableau 13

Synthèse en pourcentage de l'analyse individuelle des élèves en regard de chaque thème

	Thème A	Thème B	Thème C	Thème D	Thème E
Pas de changement de conceptions.	27,8 %	44,4 %	38,9 %	5,6 %	16,7 %
Changement de conceptions non durables.	5,6 %	16,7 %	16,7 %	16,7 %	38,9 %
Changement instable.	11,1 %	0 %	5,6 %	16,7 %	0 %
Changement de conceptions durables.	22,2 %	11,1 %	11,1 %	22,2 %	38,9 %
Changement de conceptions et évolution substantielle à la passation 3.	22,2 %	11,1 %	0 %	16,7 %	5,6 %
Élaboration de nouveaux concepts lors de la passation 3.	11,1 %	16,7 %	27,8 %	22,2 %	0 %

Les tableaux 12 et 13 présentent l'ensemble des changements intervenus pour chaque thème et pour l'ensemble des élèves. Les changements sont analysés à partir des trois passations du questionnaire. Nous considérons qu'il y a un changement intégré de conception pour les apprenants lorsqu'on observe un changement durable, une évolution substantielle ou l'apparition d'un nouveau concept à la troisième passation du questionnaire.

Le tableau 12 présente, pour chaque thème, le nombre de sujets qui ont été classés dans les différentes catégories. Le tableau 13 présente les mêmes résultats en pourcentage.

Il est à remarquer qu'au thème A, sur la formation des nuages, près du tiers des apprenants, soit 27,8 %, ne changent pas de conceptions. Cependant, la grande majorité des apprenants ont changé de conceptions suite à l'utilisation de la simulation par ordinateur puisque plus de la moitié des apprenants, soit 55,5 %, opèrent des changements intégrés. Ajoutons que 11,1 % des apprenants ont élaboré un nouveau concept lors de la troisième passation.

Au thème B, sur la disparition d'eau et des nuages, un nombre élevé des apprenants ne changent pas de conceptions initiales. Nous constatons que 44,4 % des élèves ne changent pas leurs conceptions aux passations 2 et 3 du questionnaire. Si on ne tient compte que des changements durables, on remarque que moins de 40 % des sujets subissent de tels changements et que, pour certains, les conceptions initiales refont surface lors de la passation 3 même s'il y avait eu un changement lors de la passation 2.

Nous remarquons que 38,9 % des apprenants opèrent des changements intégrés au thème B. De plus, 16,7 % des apprenants élaborent de nouveaux concepts lors de passation 3 du questionnaire. Soulignons que peu de conceptions ont été identifiées comme étant de nature immédiate lors de l'analyse des conceptions initiales en comparaison des autres thèmes. Ce qui peut expliquer le fort pourcentage d'apprenants qui n'ont pas changé de conceptions.

Au thème C, sur la formation d'étendues d'eau, 38,9 % des apprenants ne changent pas de conceptions lors des passations 2 et 3 du questionnaire. Pour 55 % des sujets, nous ne constatons pas de changements intégrés. Tout comme au thème B, moins de 40 % (38,9 %) des élèves montrent des changements intégrés de conceptions. Soulignons que 27,8 % des sujets élaborent un nouveau concept lors de la passation 3 du questionnaire.

Au thème D, sur la pollution, l'effet des activités de simulation apparaît nettement. Seulement 5,6 % des apprenants ne changent pas de conceptions. C'est donc 94,4 % des sujets qui ont changé de conceptions après avoir utilisé la simulation par ordinateur. Cependant, on constate que le tiers des apprenants (33,4 %) ont des changements non durables ou instables. On remarque un changement durable de conception chez 38,9 % des apprenants, tandis que 22,2 % ont élaboré un nouveau concept lors de la passation 3 du questionnaire. Finalement, nous constatons des changements intégrés de conceptions chez 61 % des sujets.

Au thème E, sur le cycle de l'eau, l'ensemble des apprenants, soit 83,3 %, change de conceptions lors de la passation 2 du questionnaire. Par contre, pour 55,6 % des apprenants les changements ne sont pas intégrés. Malgré ce fort pourcentage, il y a 44,5 % des apprenants qui ont opéré pour ce thème un changement intégré de leurs conceptions du cycle de l'eau. Ajoutons que les participants en étaient à la troisième passation du même questionnaire et pour

certaines c'était beaucoup leur demander que de dessiner une autre fois le cycle complet de l'eau.

Nous constatons, pour l'ensemble des thèmes, que l'utilisation de la simulation par ordinateur a souvent amené des changements de conceptions des participants. Bien que l'on puisse observer des résultats différents d'un thème à l'autre, nous retrouvons des changements intégrés de conceptions pour une proportion de sujets variant de 38,9 % pour le thème B sur la disparition de l'eau et des nuages à 61,1 % pour le thème D sur la pollution.

Nous remarquons également que plusieurs apprenants ont formulé de nouveaux concepts lors de la passation 3 tandis que chez d'autres on constate une évolution entre les passations 2 et 3 du questionnaire. Cet aspect est remarqué pour l'ensemble des thèmes. Il apparaît donc qu'une évolution dans l'explication d'un phénomène peut être remarqué beaucoup plus tard chez les apprenants. Giordan et al. (1987) ont aussi constaté cette maturation. L'apprentissage semble se produire plus tard et la compréhension d'un phénomène apparaît suite à cette maturation. Cette constatation indique que l'apprentissage est un processus actif, complexe et individualisé qui peut souvent échapper aux enseignants.

4.3 Évolution des élèves pour l'ensemble des thèmes

Cette dernière partie de l'analyse consiste à situer l'évolution des élèves pour l'ensemble des thèmes. Elle s'attarde particulièrement à savoir si les change-

ments intervenus suite à l'utilisation de la simulation par ordinateur sont intégrés. Rappelons que nous entendons par intégrés tous les changements durables et ceux qui ont subi une évolution substantielle ou une élaboration de nouveaux concepts lors de la passation 3 du questionnaire. L'analyse a été réalisée suite à la compilation des réponses des élèves que l'on retrouve à l'appendice B.

Tableau 14

Identification des changements intégrés de conceptions chez les participants pour chacun des thèmes

Élèves	Thème A	Thème B	Thème C	Thème D	Thème E
1					X
2					
3	X	X	X	X	
4	X			X	X
5	X		X	X	X
6	X				
7		X			X
8	X	X	X	X	X
9				X	
10	X			X	
11			X		X
12				X	
13	X		X		
14		X			
15			X	X	
16		X		X	X
17	X	X		X	
18	X	X	X	X	X

Le tableau 14 présente, pour chaque élève, les thèmes où l'on considère qu'il y a eu un changement intégré de conceptions. Le tableau 15, quant à lui, présente, en pourcentage, le nombre de participants dont les changements de conceptions sont intégrés pour chacun des thèmes.

Tableau 15

Représentation, en pourcentage, des changements intégrés pour chaque thème pour l'ensemble des apprenants

	Thème A	Thème B	Thème C	Thème D	Thème E
Changements en %	50 %	38,9 %	38,9 %	61,11 %	44,44 %

Les tableaux 14 et 15 indiquent qu'il y a eu des changements intégrés pour la moitié et plus des participants au thème A, soit 50 %, et au thème D avec 61 %. Au thème E, c'est 44,4 % des apprenants qui ont eu des changements intégrés, tandis qu'aux thèmes B et C ce sont 38,9 % des élèves qui ont eu de ces changements. Cette vision sous un angle différent confirme l'analyse faite dans la partie précédente : les changements sont intervenus principalement dans les thèmes A et D et dans une moindre mesure dans le thème E. De plus, elle confirme que les changements sont moins importants pour les thèmes B et C.

Le tableau 16 présente les pourcentages des apprenants qui ont eu des changements intégrés en fonction du nombre de thèmes. Il présente, d'un côté,

les changements sur le nombre de thèmes et, de l'autre côté, le nombre de participants, en pourcentage, chez qui on peut noter des changements intégrés.

Tableau 16

Représentation, en pourcentage, du nombre de changements apparus chez l'ensemble des participants

Changements intégrés	Pourcentages des participants
Aucun changement intégré	5, 55 %
Changements sur 1 thème	33,33 %
Changements sur 2 thèmes	27,77 %
Changements sur 3 thèmes	11,11 %
Changements sur 4 thèmes	11,11 %
Changements sur les 5 thèmes	11,11 %

Un seul apprenant (5,55 %) n'a pas opéré de changements intégrés de conceptions sur aucun des thèmes proposés. Pour 33,33 % (six élèves), il y a eu des changements intégrés de conceptions sur un seul des cinq thèmes. Il y a des changements intégrés de conceptions pour 27,77 % des apprenants (5) pour deux thèmes. Finalement, 11,11 % des participants ont eu des changements intégrés pour trois, quatre et cinq thèmes.

L'utilisation de la simulation par ordinateur a donc permis des changements intégrés pour les participants. Pour 94,5 % des apprenants, on remarque des changements intégrés à plus d'un thème alors que pour 11,1 % des sujets, de tels changements sont observés à tous les thèmes.

L'ensemble de l'analyse, en trois volets, conduit à certains constats. Le premier volet de l'analyse a permis de faire ressortir plusieurs conceptions immédiates et régulées. De plus, nous avons été en mesure d'associer certaines conceptions immédiates aux différents obstacles épistémologiques définis par Bachelard (1957).

Les volets deux et trois de l'analyse montrent que pour certains thèmes les changements de conceptions sont plus importants. Au thème A, sur la formation des nuages, les apprenants étaient amenés à percevoir le phénomène sous deux aspects : le contenu du nuage et la formation du nuage. De plus, le logiciel utilisé faisait bien apparaître cet aspect du cycle de l'eau, ce qui peut avoir amené 50 % des apprenants à des changements intégrés de conceptions. Au thème D, sur la pollution, 60 % des apprenants opèrent des changements intégrés. Ce thème, intégré au cycle de l'eau, était relativement nouveau pour les élèves de troisième année du primaire.

Au thème E, le dessin sur le cycle complet de l'eau, les changements étaient très importants à la passation 2 du questionnaire, près de 78 % des élèves ont fait un dessin élaboré. À la passation 3, les élèves ont démontré un désintérêt face au dessin. De plus, il n'y a pas eu d'entrevue pour permettre aux participants d'expliquer certains phénomènes comme l'évaporation et l'infiltration. Notons que près de 45 % des apprenants ont changé leur dessin de façon significative. Soulignons que les aspects évaporation, condensation et pollution sont bien apparents dans le logiciel «Le cycle de l'eau».

Au thème B et C, nous avons remarqué que plusieurs apprenants donnent une explication valable mais limitée des phénomènes : l'évaporation est l'explication donnée pour la disparition de l'eau au sol et la pluie pour la disparition des nuages et la formation d'étendues d'eau. Les aspects «ruissellement» et «infiltration» sont peu apparus lors des passations 2 et 3 du questionnaire. Notons que ces aspects du cycle de l'eau sont difficilement perceptible à l'aide du logiciel.

L'utilisation de la simulation par ordinateur, dans un contexte permettant une démarche basée sur l'expérimentation, a permis la disparition de certaines conceptions initiales. Certaines ne sont pas réapparues dès la passation 2 du questionnaire. Soulignons entre autres, l'explication de la formation des nuages par de la ouate, par de la poussière et du sable et celles se limitant à la fumée des usines. De plus, l'explication disant que les nuages aspirent l'eau et celle que le soleil pousse les nuages ne sont plus apparues à la passation 3.

La disparition de certaines conceptions immédiates, l'apparition de nouvelles conceptions de nature régulée et la forte proportion des sujets chez qui on remarque des changements intégrés de conceptions indiquent que la simulation par ordinateur peut avoir une influence sur les conceptions initiales des apprenants.

CHAPITRE V

Conclusion

Durant les dix dernières années, plusieurs recherches ont porté sur l'importance de tenir compte des conceptions en enseignement des sciences et sur la manière d'agir sur celles-ci. La présente recherche a la particularité d'avoir utilisé la simulation par ordinateur pour agir sur les conceptions des apprenants.

5.1 Sommaire de la recherche

Cette recherche avait pour principal objectif d'évaluer l'influence de l'utilisation d'un logiciel de simulation sur l'évolution des conceptions initiales des apprenants du niveau primaire en relation avec le cycle de l'eau. De plus, la recherche visait l'atteinte des objectifs intermédiaires suivants : décrire et analyser les conceptions initiales des élèves de troisième année du primaire face au phénomène du cycle de l'eau, analyser les conceptions initiales en fonction des obstacles épistémologiques définis par Bachelard (1957) et du caractère immédiat ou régulé de ces conceptions tel que défini par Giordan et al. (1987) et Giordan et De Vecchi (1987, 1990), analyser l'évolution des

conceptions initiales suite à l'utilisation de la simulation et vérifier si les transformations au niveau des conceptions sont durables.

Un questionnaire, suivi d'une entrevue, a permis de mieux comprendre les conceptions des sujets. La recherche a mis à jour plusieurs des conceptions initiales des élèves de troisième année du primaire sur le phénomène du cycle de l'eau. Elle a permis de constater que les conceptions initiales sont nombreuses et variées chez les apprenants, bien que le thème à l'étude soit relativement simple.

L'analyse a permis de préciser et d'approfondir notre connaissance des conceptions initiales des apprenants sur le phénomène du cycle de l'eau. Nous avons distingué les conceptions initiales de nature immédiate et régulée telles que définies par Giordan. De plus, quand les informations recueillies nous le permettaient, nous avons relié les conceptions initiales aux obstacles épistémologiques définis par Bachelard. Ce travail d'analyse des conceptions initiales en référence à Giordan et Bachelard a permis d'identifier des obstacles possibles à l'apprentissage.

L'analyse des conceptions initiales a permis de constater l'importance des conceptions immédiates par leur nombre et leur variété. À l'instar de Giordan, nous avons constaté à plusieurs reprises que sous un mot, un concept en apparence près du savoir enseigné, il se cache une conception immédiate pouvant faire obstacle à l'apprentissage de nouvelles connaissances. Il ressort de la recherche qu'il y a plus de changements dans les thèmes où se

concentrent les conceptions immédiates, c'est-à-dire les conceptions les plus empiriques.

Par contre, il y a eu moins de changements de conceptions chez les apprenants dans les thèmes où les conceptions étaient déjà de nature régulée, donc plus élaborées et reflétant une réflexion réorganisatrice.

La recherche a permis d'identifier chez les sujets, un certain nombre d'obstacles épistémologiques (Bachelard, 1957). Cinq obstacles sont revenus régulièrement : l'obstacle de l'expérience première, l'obstacle de la connaissance générale, l'obstacle verbal, l'obstacle animiste et l'obstacle de la connaissance pragmatique. Soulignons que les travaux de Ruel (1982) faisaient ressortir quatre obstacles épistémologiques.

L'analyse de l'évolution des conceptions suite à l'utilisation de la simulation par ordinateur a permis de constater des changements de conceptions chez les apprenants. Les changements sont intervenus principalement dans les thèmes sur la formation des nuages (thème A), la pollution (thème D) et le cycle de l'eau (thème E). Ces thèmes représentaient des notions relativement nouvelles pour les élèves de troisième année du primaire.

Pour les thèmes A et D, sur la formation des nuages et sur la pollution, l'analyse a permis de constater que lorsque des changements de conceptions sont survenus suite à l'utilisation de la simulation par ordinateur, ceux-ci sont généralement durables. Par contre au thème E, portant sur la représentation du cycle de l'eau, près de 40 % des apprenants n'ont pas de changements

durables de conceptions. Soulignons le désintérêt des participants à dessiner le cycle de l'eau pour une troisième fois.

Par rapport aux thèmes sur la disparition de l'eau et des nuages (thème B) et la formation d'étendues d'eau (thème C), nous constatons que les conceptions sont plus solidement ancrées. Par contre, l'analyse de ces conceptions a permis de constater que ces thèmes contenaient moins de conceptions immédiates. Au thème B, la notion d'évaporation semble être le concept qui explique la disparition d'eau au sol chez les apprenants. Au thème C, les apprenants ont expliqué la formation d'étendues d'eau par la pluie. L'appropriation de ces notions par les apprenants peut expliquer le peu de changements de conceptions pour ces thèmes.

La recherche démontre que les conceptions évoluent encore après l'expérimentation. À l'exception du thème E, nous constatons une évolution des conceptions chez près du tiers des apprenants au questionnaire de rappel administré trois mois après l'expérimentation. Ce constat nous ramène à Giordan et al. qui faisaient remarquer que des apprentissages intégrés n'ont pas toujours lieu au moment où la notion est présentée en classe. «Ce moment est différent pour chacun et peut se situer très longtemps après la séquence de classe; il échappe ainsi souvent dans bien des cas à l'enseignant.» (1987, p. 30).

De plus, l'utilisation de la simulation par ordinateur a amené la disparition de plusieurs conceptions immédiates, particulièrement les plus saugrenues. Les

conceptions se référant à la ouate ou à la poussière pour la formation des nuages, celle sur les nuages qui aspirent l'eau ou encore le soleil qui fait fuir les nuages n'ont plus réapparues suite à l'utilisation de la simulation par ordinateur. La recherche démontre que l'utilisation de la simulation par ordinateur a donc permis des changements intégrés des participants. Pour 94,5 % des apprenants, on remarque des changements intégrés à plus d'un thème alors que pour 11,1 % des sujets, de tels changements sont observés à tous les thèmes. Finalement, l'utilisation de la simulation par ordinateur a permis des changements de conceptions sur plus d'un thème chez 61,1 % des sujets.

5.2 Pertinence et limites de la recherche

La présente recherche a permis d'approfondir nos connaissances des conceptions des apprenants sur un sujet précis en sciences de la nature. De plus, la recherche suggère que l'utilisation de la simulation par ordinateur telle qu'utilisée peut être un outil pédagogique utile à l'enseignant pour transformer les conceptions des apprenants. Une meilleure connaissance des conceptions des apprenants peut amener une intervention plus efficace de l'enseignant.

La recherche a permis d'identifier un bon nombre de conceptions. De plus, il a été possible d'associer plusieurs conceptions immédiates aux obstacles épistémologiques de Bachelard (1957).

La recherche confirme que certains aspects d'un phénomène sont plus difficiles à aborder en enseignement des sciences. Souvent, les apprenants se

rattachent à la première observation, qui n'est pas nécessairement fausse, mais qui les limite et les empêche d'approfondir. À titre d'exemple, la pluie qui est la cause de la formation d'étendue d'eau au sol ou l'évaporation qui est la cause de sa disparition. Ces explications ne sont pas erronées mais elles n'expliquent pas l'ensemble du phénomène.

Une des limites de la recherche est le délai de trois mois entre la passation 2 et la passation 3 du questionnaire qui est relativement court. Une période plus longue pourrait peut-être changer les données quant aux changements durables de conceptions, à l'évolution des conceptions et à l'apparition de nouveaux concepts.

L'utilisation du même questionnaire aux passations 1, 2 et 3 peut aussi avoir eu une influence sur l'évolution des conceptions. Il a été remarqué que les participants étaient désintéressés à reproduire un troisième dessin.

De plus, nous nous sommes limités à l'utilisation d'un seul logiciel de simulation. Le choix de produits de simulation adaptés à l'enseignement des sciences au primaire est très limité. Le logiciel avait ses propres limites relatives à la démonstration de certains aspects du phénomène, comme le ruissellement et l'infiltration de l'eau. Les particularités du logiciel pourraient expliquer en partie les différences observées dans les divers thèmes abordés par l'étude.

Ajoutons que l'utilisation du logiciel ne peut pas être considérée comme le seul responsable des changements de conceptions puisque chaque partie de

l'expérimentation devient une situation d'apprentissage pour l'apprenant. Le questionnaire, l'entrevue, l'expérimentation avec le logiciel et l'interaction avec les autres apprenants sont autant de situations qui peuvent avoir une influence sur les conceptions des sujets.

Finalement, la recherche s'applique à un phénomène des sciences de la nature et à un seul groupe d'âge. Il n'est pas assuré que l'efficacité de la simulation serait la même dans le cas de l'étude d'autres phénomènes.

5.3 Pistes de recherche

La recherche ouvre différentes pistes. Entre autres, il serait intéressant d'examiner les stratégies utilisées par les apprenants lors de l'utilisation de la simulation par ordinateur à l'intérieur d'une démarche basée sur l'expérimentation. Nous pourrions étudier quelles transformations (par rapport aux conceptions des apprenants) surviennent pendant l'utilisation de la simulation par ordinateur ou quels autres scénarios d'utilisation de la simulation par ordinateur pourraient être utilisés pour contrer les conceptions des apprenants.

Nous avons constaté lors de la première activité d'exploration du logiciel qu'après quelques commentaires et quelques observations, les enfants se sont désintéressés rapidement ne voyant pas l'intérêt d'explorer davantage le logiciel. Les dernières vingt minutes de cette première rencontre ont été consacrées à une exploration plus dirigée du logiciel. Ce phénomène a été

constaté chez l'ensemble des participants. Ce qui nous amène à dire que les activités de type fonctionnel peuvent être nécessaires mais qu'il ne semble pas essentiel de les prolonger. Il serait intéressant d'envisager que ces activités prennent une autre forme pour intéresser les apprenants.

De plus, l'exploration dirigée du logiciel, c'est-à-dire des activités de type scientifique, a amené les apprenants à faire des commentaires abondants et des découvertes nombreuses. L'intérêt a été manifeste et soutenu. Ce résultat est principalement dû à l'interaction entre les élèves et celle entre l'enseignant et les élèves.

Il serait intéressant d'étudier l'évolution des nouveaux concepts élaborés lors de la passation 3 du questionnaire. Ces concepts sont-ils durables, évoluent-ils davantage? Comment les programmes en enseignement des sciences devraient être construits pour tenir compte de cette évolution?

Des recherches complémentaires sur les modes d'interventions pourraient aussi s'interroger sur les moyens qui doivent être mis en oeuvre pour contrer les conceptions des apprenants. Plus précisément, quels seraient les moyens pour contrer les types d'obstacles particuliers rencontrés par les apprenants? Peut-on associer certaines caractéristiques particulières des élèves à différents types d'obstacles épistémologiques?

Finalement, la recherche pourrait s'étendre à d'autres phénomènes et à d'autres sciences afin de vérifier l'influence de la simulation par ordinateur sur les conceptions initiales.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Andaloro, G., Donzelli, V. et Sperandeo-Mineo, R. M. (1991). Modelling in physics teaching : the role of computer simulation. International Journal of Science Education, 13,(3), 243-254.

Astolfi, J.P. (1978). Quelle éducation scientifique pour quelle société? Paris : Presses universitaires de France.

Astolfi, J.P et Delevay, M. (1989). La didactique des sciences. Paris : Presses universitaires de France.

Bachelard, G. (1957). La formation de l'esprit scientifique. Paris : J. Vrin.

Bachelard, G. (1962). La philosophie du non, essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique. Paris : Presses universitaires de France.

Bachelard, G. (1963). Le nouvel esprit scientifique. Paris : Presses universitaires de France.

Beaufils, D. et Salamé, N. (1989). Quelles activités expérimentales avec les ordinateurs dans l'enseignement des sciences. ASTER, 8, 55-79.

Berlin, D.F. et White, A.L. (1985). Computer Simulations and the Transition from Concrete Manipulation of Objects to Abstract Thinking. Communication présentée à Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Ohio.

Blum, R. et Bork, A.M. (1969). Computer and the science curriculum. California : Irvine.

Brown, D.E. (1992). Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics : factors influencing conceptual change. Journal of Research in Science Teaching, 29, (1), 17-34.

Bruner, J.S. (1973). Beyond the information given. New-York : Anglier, Nurton.

Chevrier, J., Boulet, A. et Bégin, J. (1985). L'ordinateur, outil d'apprentissages. Hull : Formapec.

Corbeil, P., Laveault, D. et St-Germain, M. (1989). Jeux et activités de simulation : des outils pour une éducation au développement international. Hull : Agence canadienne de développement international.

Cosgrove, M. et Osborne, R. (1983). Electric Current - Developing the Concept : Teacher's Guide to Electric Circuits. Science education research unit, Hamilton, Nouvelle-Zélande.

Désautels, J. (1980). École + science = échec. Sillery : Québec Science.

Désautels, J. et Larochelle, M. (1989). Qu'est-ce que le savoir scientifique? Québec : Les presses de l'Université Laval.

Désautels, J. et Larochelle, M. (1992). Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes. Québec : Les presses de l'Université Laval.

Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. International Journal of Science Education, 11, 481-490.

Driver, R. et Easley, L. (1978). Pupils and paradigms : a review of literature related to concept development in adolescent science students. Studies in Education, 5, 61-84.

Dorn, W.S., (1975). Simulation versus models : which one and when?. Journal of Research in Science Teaching, 12, (4), 371-377.

Giordan, A. (1978). Une pédagogie pour les sciences expérimentales. Paris : Le Centurion.

Giordan, A., Martinand, J.-L., Astolfi, J.P., Rumelhard, G., Couliday, A., Delevay, M., Toussaint, T., Host, V. et collaborateurs. (1987). L'élève et/ou les connaissances scientifiques : approche didactique de la construction des concepts scientifiques par les élèves. Bern : Peter Lang.

Giordan, A. et De Vecchi, G. (1987). Les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques. Paris : Delachaux-Niestlé.

Giordan, A. et De Vecchi, G. (1990). L'enseignement scientifique: comment faire pour que «ça marche»? Nice : Z'éditions.

Happs, J.C. (1985). Regression in learning outcomes : Some examples from the earth sciences. European Journal of Science Education, 7, (4), 431-443.

Henriquez, A. (1989). Apprendre et comprendre, représentations d'enfants et enseignement pour les élèves. In A. Giordan (Éd.), Psychologie génétique et didactique des sciences (pp. 53-68). Bern : Peter Lang.

Loiselle, J. (1987). La simulation assistée par ordinateur pour l'enseignement de la physique. Thèse de doctorat, Université de Montréal, Montréal, Québec.

Ministère de l'Éducation. (1980). Programme d'études primaire, sciences de la nature. Québec : Gouvernement du Québec.

Miles, M.B. et Huberman, A.M. (1991). Analyse des données qualitatives : recueil de nouvelles méthodes (C. De Backer et V. Lamongie, trad.). Bruxelles : De Broeck-Wesmael. (Ouvrage original paru en 1980)

Newman, D. (1991). A World in the Classroom : Making Sense of Seasonal Change through Talk and Technology. Communication présentée à Annual Meeting of the American Educational Research Association, Boston.

Petit, B. (1986). La théorie piagétienne de la connaissance peut-elle servir aux formateurs dans leur pratique éducative? Institut national de recherche et d'applications pédagogiques, juin 1986, (66), p.23-35.

Petit, B. (1989). La théorie piagétienne de la connaissance peut-elle servir aux formateurs dans leur pratique éducative?, In A. Giordan, (Éd), Psychologie génétique et didactique des sciences (pp. 69-92). Bern : Peter Lang.

Piaget, J. (1964). Six études de psychologie. Genève : Denoël/Gonthier.

Piaget, J. (1967). La genèse du nombre chez l'enfant, Neuchâtel : Delachaux-Niestlé.

Piaget, J. (1969). Psychologie et pédagogie. Paris : Denoël/Gonthier.

Ruel, F. (1982). Mise en évidence de quelques obstacles épistémologiques chez des élèves de niveau secondaire V. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec.

Sauvé, L. (1986). La simulation : un outil à intégrer dans l'enseignement, Discours des médias et enseignement à distance DIMED 86, COELHO, Maria Eduarda Leal, Portugal.

Showalter, V.M., (1970). Conducting science investigation using computer-simulated experimented. The Science Teacher, 37, (7), 46-50.

Taylor, J.L. et Walford, R. (1976). Les jeux de simulation à l'école. Paris : Casterman.

Thouin, M. (1989). Typologie des représentations en sciences physiques chez des élèves du secondaire, Revue des sciences de l'éducation, XV, (2), 247-266.

Trempe, P.L. (1984). Lavoisier-L'enseignement des sciences dans une polyvalente, L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes, III, Conseil des sciences du Canada, Ministère d'approvisionnement et services Canada, 221-272.

Von Glasserfeld, E. (1989). Cognition, construction of knowledge and teaching. Synthese, 80, 121-140.

Woodward, J., Douglas, C., et Gersten, R. (1988). Teaching Problem Solving Through Computer Simulations. American Educational Research Journal, 25, (1), 72-86.

Zietsman, A.I. et Hewson, P.W. (1986). Effect of Instruction Using Microcomputer Simulations and Conceptuel Change Strategies on Science Learning. Journal of Research in Science Teaching, 6, 27-39.

APPENDICE A

Questionnaire sur le cycle de l'eau

Le questionnaire suivant a été distribué, pour les passations 1, 2 et 3 aux élèves participant à l'expérimentation. Les dix premières questions sont relatives à des éléments particuliers du cycle de l'eau. À la onzième question, il est demandé aux participants de dessiner le cycle complet de l'eau.

Veux-tu m'expliquer?



1. Comment se forment les nuages?

2. Que contiennent les nuages?

3. Qu'arrive-t-il à la fumée qui sort des cheminées de la Kruger?



4. Qu'arrive-t-il à la neige lorsqu'elle fond au printemps?



5. a) Comment expliques-tu qu'il y a parfois de l'eau dans la cour de récréation?

b) Comment expliques-tu la disparition de cette eau? _____

6. Comment expliquer qu'après un orage, les nuages disparaissent souvent?



7. As-tu déjà entendu parler des pluies acides? C'est une cause de pollution. Comment expliques-tu que la pluie peut polluer? _____

8. On dit que les pluies acides font mourir les érables. Comment l'expliques-tu?

9. Comment expliques-tu la formation d'un ruisseau? _____

10. Comment expliques-tu la formation de petites rigoles dans les rues après une forte pluie? _____

DESSINE-MOI LE CHEMIN QUE PARCOURT L'EAU DE LA PLUIE.

APPENDICE B

Analyse de l'évolution des élèves

Analyse de l'évolution des élèves

Dans cette partie nous analysons l'évolution, les changements intervenus dans l'explication de chacun des thèmes en regard des différentes passations (1, 2 et 3) du questionnaire et des entrevues, pour l'ensemble des participants. Une analyse qualitative de ces changements vise à déterminer si les conceptions des apprenants ont subi un changement intégré.

Les tableaux présentés dans les pages suivantes sont conçus pour rassembler l'information et l'organiser sous une forme plus compacte. Pour chaque participant, il y a un tableau regroupant ses conceptions, suivi d'une première ébauche d'analyse qui vise à cerner ce qui est principal.

Tableau 17

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 1

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	De la vapeur et l'action du soleil.	De l'eau évaporée et/ou de la vapeur.	Avec de l'eau qui est transformée en vapeur qui monte et forme le nuage.
	Q 2	De l'eau et de l'air.	De l'eau et de la vapeur.	De l'eau et de la vapeur.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore par l'action du soleil.	Elle s'évapore.	Elle s'évapore.
	Q 6	Par l'action du vent.	Il a plu, les nuages ont moins d'eau et par l'action du vent.	Par l'action du vent.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Par la pluie et la présence de trous.	Pas de réponse.	Par la pluie qui creuse la terre et l'eau coule.
	Q 10	C'est dû à une pente. (La rue est comme une montagne)	Pas de réponse.	Pas de réponse.
Thème D	Q 3	Elle fait de la pollution et elle va dans les nuages.	Elle fait de la pollution et elle va dans les nuages.	Elle va dans les nuages.
	Q 7	À cause de la fumée d'usines qui contient de la pollution et qui va dans les nuages.	À cause de la fumée d'usines qui contient de la pollution qui va dans les nuages et quand il pleut ça pollue.	À cause de la fumée d'usines qui contient de la pollution et qui va dans les nuages.

Thème D	Q 8	L'acide est un poison qui tombe sur les érables (les feuilles) et ça les fait mourir.	L'acide est un poison qui tombe sur les érables (les feuilles) et ça les fait mourir.	La pluie mange les feuilles et fait mourir les arbres.
Thème E	Q 11	Représente une ou des étendues d'eau, l'évaporation, un ou des nuages et de la pluie. (C'est le soleil qui fait évaporer l'eau - amène l'idée que ça recommence)	Représente une ou des étendues d'eau, l'évaporation, un ou des nuages et de la pluie. (Amène l'idée que ça recommence)	Représente une ou des étendues d'eau, l'évaporation, un ou des nuages, de la pluie et le sol.

Évolution de l'élève 1

L'expérimentation n'a permis aucun changement intégré de ses conceptions en regard du thème A (La formation des nuages). Au thème B (La disparition de l'eau et des nuages) nous constatons que l'apprenant précise sa conception sur la disparition des nuages (Question 6); à la passation 1, il identifie le vent, tandis qu'à la passation 2 il ajoute que les nuages ont moins d'eau parce qu'il a plu; finalement à la passation 3, l'apprenant ne fait référence qu'à l'action du vent revenant ainsi à la conception initiale.

Au thème C (La formation d'étendues d'eau), l'apprenant conçoit à la passation 1 que la formation de ruisseaux et de rigoles (Questions 9 et 10) est due à la pluie, à la présence de trous et d'une pente, il ne répond pas à la passation 2, tandis qu'à la passation 3 il répond à la question 9 que c'est dû à la pluie qui creuse la terre et l'eau coule, alors qu'il ne répond pas à la question 10.

Au thème D (La pollution), l'apprenant identifie (Question 7) la fumée des usines comme étant une cause des pluies acides, disant que cette fumée va dans les nuages. À la passation 2, il ajoute que lorsqu'il pleut ça pollue, élément qui n'est pas répété à la passation 3.

Au thème E (Le cycle de l'eau - le dessin), l'apprenant répète les mêmes éléments sauf qu'à la passation 3 il ajoute l'élément sol.

Pour l'élève 1, les changements intervenus dans les conceptions immédiates n'apparaissent pas majeurs et encore moins durables puisqu'aux thèmes B et D la première conception refait surface à la passation 3 du questionnaire.

Tableau 18

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 2

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Les nuages se forment par la fumée des usines.	Par l'évaporation de l'eau.	Avec de l'eau.
	Q 2	Les nuages contiennent de l'eau et de la neige.	De l'eau et de la neige.	De l'eau et de la neige.
Thème B	Q 5b	L'eau s'évapore.	L'eau s'évapore par l'action du soleil.	L'eau s'évapore.
	Q 6	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Un ruisseau se forme avec de l'eau.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
	Q 10	Les rigoles se forment à cause des trous.	L'eau coule à cause d'une pente sur le côté de la rue.	À cause des trous.
Thème D	Q 3	La fumée s'en va dans l'air et forme des nuages.	Elle s'évapore.	Elle pollue.
	Q 7	Pas de réponse.	À cause des déchets des usines (qui vont dans l'eau et dans la terre).	À cause des déchets.
	Q 8	À cause de la fumée.	La pluie rentre dans la terre et elle va dans les racines.	Les déchets polluent.

Thème E	Q 11	Représente une ou des étendues d'eau, l'évaporation, un ou des nuages et de la pluie.(C'est le soleil qui fait évaporer l'eau qui forme des nuages, il pleut, ça forme des flaques d'eau qui vont dans les égouts, puis dans les ruisseaux, les lacs, le fleuve et la mer et ça recommence.)	Représente le soleil, l'évaporation, de la pluie, des étendues d'eau, le sol et de la végétation.(C'est le soleil qui fait évaporer l'eau qui forme des nuages, il pleut, ça forme des flaques d'eau qui vont dans les égouts, puis dans les ruisseaux, les lacs, le fleuve et la mer et ça recommence.)	Représente le soleil, l'évaporation, de la pluie, des étendues d'eau, le sol et de la végétation.
---------	------	--	--	---

Évolution de l'élève 2

Au thème A, l'apprenant 2 conçoit la formation des nuages par la fumée des usines à la passation 1, par l'évaporation de l'eau à la passation 2 et avec de l'eau à la passation 3. Au thème B, il n'y a eu aucun changement intégré de ses conceptions.

Au thème C, l'apprenant change la conception de la formation d'étendues d'eau, comme la formation de rigoles, à la passation 2 répondant qu'une pente sur le côté de la rue en est la cause. Par contre, à la passation 3 l'apprenant revient à sa première conception, répondant que les rigoles se forment à cause des trous.

Au thème D, à la passation 1, l'apprenant identifie la fumée d'usines comme une source de pollution qui va dans les nuages. À la passation 2, l'apprenant est en mesure d'identifier que cette fumée d'usines s'évapore, que certains déchets vont dans l'eau et dans la terre, et que la pluie rentre dans la terre et va dans les racines. Par contre à la passation 3, ses réponses se limitent à dire que la fumée et les déchets polluent.

Au thème E, l'apprenant identifie plusieurs éléments du cycle de l'eau, et ce dès la passation 1. Aux passations 2 et 3, l'apprenant y ajoute le soleil, le sol et la végétation, par contre les nuages n'y apparaissent plus malgré la présence de pluie.

Pour l'apprenant 2, certains changements sont intervenus aux thèmes A, C, D et E. Par contre, ces changements ne sont pas réellement intégrés puisque au thème C la conception immédiate refait surface à la passation 3, de plus aux thèmes A et D les réponses données à la passation 3 se veulent une simplification, voire une dilution des réponses données en 2.

Tableau 19

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 3

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Il pleut et le soleil fait de la vapeur avec la pluie et les nuages se forment.
	Q 2	Les nuages contiennent de l'eau.(Il pleut donc il y a de l'eau dans les nuages.)	De l'eau.	De l'eau.
Thème B	Q 5b	Pas de réponse.	Ça fait de la vapeur et ça monte dans les nuages.	Elle s'évapore par le soleil et les nuages se forment.
	Q 6	Le soleil est très chaud, il pousse les nuages et il fait arrêter la pluie.	Le vent les pousse.	Ils se vident et disparaissent.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Par la pluie et quand il ne pleut pas c'est les personnes qui viennent remplir le ruisseau.	Par la pluie.	Il pleut et le ruisseau se remplit.
	Q 10	Ça fait un petit courant qui la fait aller dans les égouts (l'eau est aspirée par les égouts).	À cause du courant.	À cause du courant.
Thème D	Q 3	Elle s'évapore et elle va dans le ciel.	Elle s'évapore.	Elle se décompose.

Thème D	Q 7	Pas de réponse.	Pas de réponse.	La fumée d'usine s'en va dans les nuages et quand il pleut ou qu'il neige, elle pollue.
	Q 8	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
Thème E	Q 11	Représente le soleil, une ou des étendues d'eau, de l'évaporation, des nuages, de la pluie, le sol et les égouts.(Le soleil fait évaporer l'eau du lac, ça forme des nuages, il pleut, ça tombe dans la rue puis ça va dans les égouts et ça reste là.)	Représente le soleil, une étendue d'eau, de l'évaporation, un nuage et de la végétation.(La vapeur s'en va dans les nuages, il pleut et ça dans les égouts.)	Représente le soleil, une ou des étendues d'eau, de l'évaporation, des nuages, de la pluie.

Évolution de l'élève 3

Au thème A, l'apprenant est en mesure d'expliquer à la passation 3 que les nuages se forment par la vapeur produite par l'action du soleil, tandis que qu'il ne donnait aucune réponse aux passations 1 et 2.

Au thème B, nous constatons une évolution progressive entre les différentes passations. Nous constatons que l'apprenant part de conceptions immédiates qu'il épure à la passation 2 pour adopter une conception plus près du savoir scientifique à la passation 3. Nous constatons un changement intégré au thème C, puisque l'apprenant abandonne l'idée que les ruisseaux se forment par des personnes aux passations 2 et 3.

Au thème D, l'apprenant donne une explication de la pollution par les pluies acides à la passation 3 alors qu'il ne donnait aucune réponse aux passations 1 et 2. Au thème E, l'apprenant représente plusieurs éléments du cycle de l'eau, par contre les aspects sol et végétation n'apparaissent plus à la passation 3.

Nous constatons que l'apprenant semble avoir des changements intégrés et durables par rapport à la passation 1, de plus ces changements sont progressifs et ont évolué par rapport à la passation 2.

Tableau 20

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 4

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Par la fumée des usines (aux endroits où il n'y a pas d'usines, c'est le vent qui les apporte).	Par la vapeur qui monte dans le ciel.	Par de la fumée, de la vapeur et de la pluie.
	Q 2	De l'eau et de la vapeur (ex. la vapeur des bouilloires)	De la vapeur et de l'eau.	De la pluie, de la vapeur, de la neige et de la fumée.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore par l'action du soleil.	Elle s'évapore.	Elle s'évapore et elle devient des nuages.
	Q 6	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Par la pluie et par les égouts.	Par la pluie et par les égouts.	Par la pluie et par les égouts qui se vident.
	Q 10	Pas de réponse.	La pluie tombe dans les rues et elle coule.	À cause de la quantité de pluie tombé.
Thème D	Q 3	Elle va dans le ciel et elle forme des nuages.	Elle pollue l'air et les nuages.	Elle fait de la pollution elle monte dans l'air.
	Q 7	Pas de réponse.	À cause de la pollution des usines.	À cause des usines.
	Q 8	Pas de réponse.	Parce qu'il y trop de pollution.	C'est à cause de la pollution.

Thème E	Q 11	Représente un soleil, des nuages, de la pluie et une ou des étendues d'eau.(Le soleil fait évaporer l'eau qui forme des nuages, il pleut, ça tombe dans la rue puis ça va dans les égouts, les ruisseaux, les lacs le fleuve et la mer et ça recommence.)	Représente un soleil, de l'évaporation, un ou des nuages, de la pluie, une ou des étendues d'eau, du sol et de la végétation.(Le soleil fait évaporer l'eau qui forme des nuages, il pleut, ça tombe dans la rue puis ça va dans les égouts, les ruisseaux, les lacs le fleuve et la mer et ça recommence.)	Représente le soleil, de l'évaporation un ou es nuages, de la luie, une ou des étendues d'eau, un égout, du sol et de la végétation.
---------	------	---	---	--

Évolution de l'élève 4

Au thème A, nous constatons un changement de conception en regard de la formation des nuages. Par contre, à la passation 3, l'apprenant semble faire des généralisations par emboîtement ou par plaquage puisqu'il colle des informations une à la suite de l'autre. Aux thèmes B et C, il n'y a eu aucun changement intégré.

Au thème D, la notion de pollution par les usines apparaît à la passation 2 et est maintenue à la passation 3. Au thème E, plusieurs éléments sont représentés aux passations 1, 2 et 3. Les éléments sol et végétation sont ajoutés à la passation 2 et maintenus à la passation 3.

Pour l'apprenant 4, plusieurs changements sont apparus aux thèmes A, D et E et ces changements semblent intégrés et de nature régulée. Notons que les réponses données au thème A durant la passation 3 indiquent qu'il y a généralisation par emboîtement.

Tableau 21

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 5

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Par de la vapeur (comme la vapeur d'une bouilloire).	L'évaporation se rassemble et forme un nuage.	Avec de la vapeur.
	Q 2	De l'eau et de la neige.	De l'eau, de la neige et de la pollution.	De l'eau, de la neige et de la pollution.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore par l'action du soleil.	Elle s'évapore.	Elle s'évapore.
	Q 6	Pas de réponse.	Les nuages se sont vidés après la pluie.	Pas de réponse.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	C'est la pluie.	C'est la pluie.	C'est la pluie.
	Q 10	Pas de réponse.	La pluie tombe dans la rue et elle coule.	C'est la quantité de pluie.
Thème D	Q 3	Pas de réponse.	La fumée se rassemble et elle forme un nuage rempli de pollution.	Elle monte et se mélange au nuage.
	Q 7	C'est à cause de la fumée des usines qui va dans les nuages et qui contient de la pollution.	C'est à cause de la fumée.	C'est à cause des usines.
	Q 8	Pas de réponse.	Il y a de la pollution dans les pluies acides.	C'est à cause de la pollution.

Thème E	Q 11	Représente des nuages, de la pluie et une ou des étendues d'eau.(La pluie tombe, elle forme un ruisseau qui va dans le fleuve puis dans la mer.)	Représente des étendues d'eau, des nuages, l'évaporation, la pluie et la pollution qui provient d'un nuage et qui tombe en pluie.(C'est l'évaporation qui forme les nuages, la pluie tombe, elle forme un ruisseau qui va dans le fleuve puis dans la mer.)	Représente des étendues d'eau, des nuages, l'évaporation, la pluie et la pollution qui provient d'un nuage et qui tombe en pluie.
---------	------	--	---	---

Évolution de l'élève 5

Au thème A, l'aspect pollution apparaît à la passation 2 et il est maintenu à la passation 3. Au thème B, l'apprenant explique, à la passation 2, la disparition des nuages parce qu'ils se sont vidés de leur eau; alors qu'il n'avait pas répondu à la passation 1 et il ne répond pas à la passation 3.

Au thème C, il explique la formation de rigoles par la pluie qui coule dans la rue à la passation 2 et c'est la quantité de pluie qui devient l'explication à la passation 3.

Au thème D, l'élément pollution est ajouté à la passation 2 pour expliquer le phénomène des pluies acides et il est maintenu à la passation 3.

Au thème E, de nombreux éléments sont représentés à la passation 1. Les éléments évaporation et pollution sont ajoutés à la passation 2 et maintenus à la passation 3. Notons que la pluie qui tombe et qui se rend à la mer est ajoutée lors de l'entrevue.

Mis à part le thème B où l'apprenant revient non pas à une conception initiale mais préfère ne pas répondre, il change de conceptions dans tous les autres thèmes et ces changements nous semblent intégrés et de nature régulée.

Tableau 22

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 6

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Avec beaucoup de ouate.	L'évaporation de l'eau.	Avec de l'air et de l'eau.
	Q 2	De l'eau.	De l'eau.	De l'eau.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore.	Elle s'évapore.	Elle s'évapore.
	Q 6	Ils se sont vidés de leur eau.	Pas de réponse.	Le soleil revient.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il y a de la brume.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	C'est la pluie.	La pluie qui petit à petit forme un ruisseau.	C'est la pluie.
	Q 10	C'est à cause de la quantité de pluie.	La pluie tombe dans la rue elle coule.	Pas de réponse.
Thème D	Q 3	Elle pollue.	Elle pollue l'eau; c'est le vent qui transporte les déchets vers l'eau.	Elle pollue.
	Q 7	À cause des déchets.	Les nuages contiennent des petites graines.	Il y a des déchets dans l'air et ils vont dans la pluie.
	Q 8	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Il pleut trop fort.

Thème E	Q 11	Représente des nuages, de la pluie et une étendue d'eau.(Quand la pluie tombe ça forme des flaques d'eau.)	Représente des nuages, de la pluie et une étendue d'eau.(Quand la pluie tombe ça forme des flaques d'eau et après elle s'évapore.)	Représente des nuages, de la pluie et une étendue d'eau.
---------	------	--	--	--

Évolution de l'élève 6

Au thème A, l'apprenant explique la formation des nuages par l'évaporation de l'eau à la passation 2, alors qu'il l'expliquait par la présence de ouate à la passation 1. Par contre à la passation 3, il répond que c'est avec de l'air et de l'eau, démontrant ainsi que le changement remarqué à la passation 2 se veut une brisure avec la conception immédiate.

Au thème B, il n'est plus en mesure d'expliquer la disparition des nuages à la passation 2, tandis qu'à la passation 3 il explique le phénomène par le seul fait que le soleil revient, alors qu'à la passation 1 il explique que c'est parce que les nuages se sont vidés, démontrant ainsi toutes les conceptions pouvant se cacher derrière cette affirmation.

Aux thèmes C et D, on remarque un changement de conception pour expliquer la formation de ruisseaux mais ce changement n'est pas intégré, puisque l'apprenant revient lors de la passation 3 à sa conception initiale.

Au thème E, l'apprenant représente le cycle de l'eau avec un minimum d'éléments et il n'y a pas de changement d'une passation à l'autre.

Nous remarquons que les conceptions immédiates sont solidement ancrées chez l'apprenant malgré le changement remarqué au thème A.

Tableau 23

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 7

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Avec de l'eau que le soleil fait évaporer.	L'évaporation de l'eau.	De l'eau évaporée.
	Q 2	De l'eau évaporée.	De l'eau évaporée.	De l'eau évaporée.
Thème B	Q 5b	L'eau va dans la terre et au fleuve.	Elle s'évapore et elle va dans la terre.	Elle s'évapore et elle va dans la terre.
	Q 6	Le vent les pousse et ils vont de l'autre côté de la terre.	Le vent les pousse.	Le vent les pousse.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	L'eau se fait un chemin et elle va dans la mer.	L'eau se fait un chemin et elle va dans les trous.	L'eau se fait un chemin.
	Q 10	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
Thème D	Q 3	Elle pollue.	Elle pollue.	Elle pollue.
	Q 7	Pas de réponse.	Les usines polluent l'eau qui s'évapore et quand il pleut ça fait mourir les arbres.	Pas de réponse.
	Q 8	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Elle fait mourir les feuilles.

Thème E	Q 11	Représente des nuages, de la pluie et des étendues d'eau.(Le soleil fait évaporer l'eau qui forme les nuages, il pleut ça tombe dans les lacs et ça recommence.)	Représente une étendue d'eau, de l'évaporation, des nuages, de pluie et le sol.(Le soleil fait évaporer l'eau qui forme les nuages, il pleut ça tombe dans les lacs et ça recommence.)	Représente une étendue d'eau, de l'évaporation, des nuages, de pluie et le sol.
---------	------	--	--	---

Évolution de l'élève 7

Aucun changement n'est apparu aux thèmes A et C. Aux thèmes B et E, l'élément évaporation est ajouté à la passation 2 et maintenu à la passation 3. Au thème D, il y a changement de conception à la question 7; par contre ce changement n'est pas maintenu à la passation 3. Tandis qu'à la question 8, l'apprenant ne donnait pas de réponse aux passations 1 et 2 pour finalement en donner une à la passation 3. Les seuls changements intégrés sont intervenus aux thèmes B et E sur le phénomène de l'évaporation.

Tableau 24

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 8

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Pas de réponse.	La chaleur du soleil fait évaporer l'eau qui forme des nuages.	La chaleur du soleil fait évaporer l'eau qui forme des nuages.
	Q 2	De l'eau.	De la vapeur et de la pollution.	De la vapeur et de la fumée des usines.
Thème B	Q 5b	Elle va dans la terre et elle s'évapore.	Elle s'évapore, elle va dans la terre ou elle va dans les égouts.	Le soleil fait évaporer l'eau ou elle va dans les égouts.
	Q 6	Le vent les pousse (pendant l'orage ils sont tous tombés).	Il a plu, les nuages ont moins d'eau ou le vent les pousse.	Il pleut et tout ce que le nuage contenait est tombé.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Pas de réponse.	Pas de réponse.	À chaque fois que l'eau tombe en pluie ça fait un creux et l'eau s'infiltre dedans.
	Q 10	Pas de réponse.	L'eau coule à cause d'une pente sur le côté de la rue.	La rue est faite en courbe, donc l'eau s'en va sur le côté et ça fait des rigoles.
Thème D	Q 3	Elle pollue.	Elle fait de la pollution dans les nuages.	La fumée monte dans les nuages et elle fait de la pollution.
	Q 7	Pas de réponse.	Les usines font de la pollution et cette pollution va dans les nuages.	Les usines polluent les nuages et la pollution tombe en pluie acide.
	Q 8	Elle pollue par les racines.	La pluie rentre dans la terre et elle va dans les racines.	La pluie rentre dans la terre et l'érable la boit.

Thème E	Q 11	Représente de la pluie et des étendues d'eau. (La pluie tombe, elle va dans un ruisseau, une rivière, le fleuve et mer, après elle s'évapore, ensuite il y a de la pluie et ça recommence.)	Représente le soleil, de l'évaporation, un ou des nuages, de la pluie, des étendues d'eau, sol et végétation. (Le soleil fait évaporer l'eau qui forme des nuages, la pluie tombe, elle va dans un ruisseau, une rivière, le fleuve et la mer et après elle s'évapore, elle fait de la pluie et ça recommence.)	Représente le soleil, de l'évaporation, un ou des nuages, de la pluie, des étendues d'eau, sol et végétation.
---------	------	---	---	---

Évolution de l'élève 8

Aux thèmes A, B et E nous remarquons un changement de conceptions à la passation 2 qui est maintenu à la passation 3. Au thème C il y a une nouvelle conception à la passation 3 pour la question 9; tandis qu'à la question 10, il y a un changement de conception à la passation 2 et maintenu à la passation 3.

Au thème D, il y a un changement de conceptions aux trois questions lors de la passation 2. Par contre, à la question 3 la conception est maintenue à la passation 3, alors qu'aux questions 7 et 8 il y a une évolution lors de la passation 3.

Nous remarquons que l'apprenant a changé de conceptions à tous les thèmes lors de la passation 2. De plus, l'apprenant maintient ces nouvelles conceptions et à certaines questions il y a une évolution. Ces changements nous semblent intégrés et de nature régulée.

Tableau 25

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 9

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Par la fumée des usines (s'il n'y avait pas d'usines il n'y aurait pas de nuages.).	Par l'évaporation de l'eau.	Par la fumée des usines.
	Q 2	Par de l'eau que les nuages aspirent et la fumée des usines.	De la pluie (les nuages vont sur le fleuve prendre de l'eau pour faire de la pluie.).	De la fumée et de la pluie.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore et elle va dans les nuages.	Elle s'évapore par l'action du soleil.	Elle s'évapore.
	Q 6	Les nuages n'ont plus de pluie et ils s'en vont (ils vont au-dessus du fleuve aspirer de l'eau.).	Les nuages n'ont plus d'eau à déverser, alors ils s'en vont.	Ils n'ont plus d'eau à déverser.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	C'est la pluie qui forme un ruisseau.	La pluie qui petit à petit fait un ruisseau.	Par la pluie.
	Q 10	Par la pluie qui tombe.	Pas de réponse.	La quantité de pluie tombée.
Thème D	Q 3	Elle va dans les nuages.	Elle pollue.	Elle fait des nuages et elle pollue l'environnement.
	Q 7	À cause de la fumée d'usines qui va dans les nuages.	À cause de la fumée d'usines qui va dans les nuages et qui retombe avec la pluie et pollue.	À cause des usines comme la Kruger.

Thème D	Q 8	L'acide c'est fort comme un poison et elle arrive sur les feuilles des érables et ça les fait mourir.	Parce que les pluies acides tombent sur les érables.	Elles tombent sur les érables.
Thème E	Q 11	Représente le soleil, une ou des étendues d'eau, de l'évaporation, un ou des nuages, de la pluie et le sol. (La pluie tombe, elle forme un ruisseau qui se rend à la mer, puis l'eau s'évapore par le soleil.).	Représente le soleil, de l'évaporation, un ou des nuages, de la pluie, une ou étendues d'eau, du sol et de la végétation. (La pluie tombe, elle forme un ruisseau qui se rend à la mer, puis l'eau s'évapore par le soleil qui forme d'autre nuages.).	Représente un ou des nuages, de la pluie et une ou des étendues d'eau.

Évolution de l'élève 9

Au thème A, l'apprenant change de conception à la question 1 lors de la passation 2 pour ensuite revenir à la conception initiale lors de la passation 3. Alors qu'à la question 2, l'apprenant maintient sa conception initiale lors de la passation 2 pour ensuite changer de conception lors de la passation 3. Il n'y a aucun changement de conception aux thèmes B. et C.

Au thème D, nous remarquons un changement de conception à la question 3 lors de la passation 2 tandis qu'à la passation 3 les conceptions de la passation 1 et 2 s'y retrouvent.

Au thème E, l'apprenant reproduit aux passations 1 et 2 des dessins élaborés représentant plusieurs éléments du cycle de l'eau, par contre le dessin de la passation 3 est peu élaboré et il y manque plusieurs éléments.

Nous remarquons chez cet apprenant peu de changement de conceptions et lorsqu'il y a des changements ils sont rarement maintenus lors de la passation 3.

Tableau 26

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 10

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Par de l'eau qui s'est évaporée.	Avec la vapeur d'eau.	Avec la vapeur d'eau.
	Q 2	De l'eau évaporée.	De la vapeur d'eau.	De la neige et de l'eau.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore (par la chaleur du soleil).	Elle s'évapore (par la chaleur du soleil).	Elle s'évapore et elle monte dans le ciel.
	Q 6	Ils se sont vidés de leur eau.	Ils se sont vidés de leur eau.	Ils se sont vidés de leur eau.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Par la pluie et l'eau creuse la terre et elle forme un ruisseau.	L'eau creuse la terre.	L'eau se fait des passages.
	Q 10	L'eau se fait un passage (l'eau se creuse un passage).	La pluie creuse la terre.	L'eau se fait un passage.
Thème D	Q 3	Elle fait de la pollution et elle va dans les nuages.	Elle fait de la pollution.	Elle pollue.
	Q 7	Pas de réponse.	À cause de la fumée d'usines qui va dans les nuages et qui retombe avec la pluie et pollue.	Avec la fumée des usines.

Thème D	Q 8	Pas de réponse.	Parce que les pluies acides tombent sur les érables.	La fumée des usines rentre dans les nuages et quand il pleut la fumée des usines tombe sur les arbres.
Thème E	Q 11	Représente une ou des étendues d'eau, l'évaporation, un ou des nuages et de la pluie. (La vapeur vient du lac, le nuage grossit, il pleut).	Représente le soleil, des étendues d'eau, de l'évaporation, de la condensation, un nuage, des maisons, des usines, une ferme, des égouts, de la pollution (dans le nuage et dans l'eau), de la pluie et de la végétation.	Représente un ou des étendues d'eau, de l'évaporation, un ou des nuages et de la pluie.

Évolution de l'élève 10

Au thème A, il y a peu de changement sauf à la question 2 lors de la passation 3 où l'apprenant ajoute l'élément neige. Aux thèmes B et C il n'y a aucun changement de conception entre les trois passations.

Au thème D, il y a changement de conceptions aux questions 7 et 8 lors de la passation 2 et que ces changements sont maintenus à la passation 3.

Au thème E, il y a changement à la passation 2, d'ailleurs le dessin est très élaboré. Par contre le dessin de la passation 3 représente les mêmes éléments qu'à la passation 1.

Nous remarquons donc peu de changement de conception sauf au thème D où ces changements nous apparaissent intégrés. Les conceptions immédiates dominent ou refont surface lors de la passation 3.

Tableau 27

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 11

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Par la vapeur et l'action du soleil.	Avec la vapeur d'eau.	Avec de la vapeur.
	Q 2	Pas de réponse.	De la vapeur d'eau.	De l'eau.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore par l'action du soleil.	Elle devient en vapeur et elle forme un nuage.	Elle devient en vapeur.
	Q 6	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Pas de réponse.	Pas de réponse.	À chaque fois que l'eau tombe en pluie elle fait un creux et elle s'infiltrer dedans.
	Q 10	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
Thème D	Q 3	Elle pollue.	Elle pollue.	Elle pollue.
	Q 7	Pas de réponse.	Les usines polluent l'eau qui s'évapore et quand il pleut ça fait mourir les arbres.	Pas de réponse.
	Q 8	Pas de réponse.	Pas de réponse.	La pluie est polluée.

Thème E	Q 11	Représente des nuages, de la pluie, des étendues d'eau et de la végétation. (La pluie tombe, elle forme des flaques d'eau qui s'évaporent et ça recommence.).	Représente des étendues d'eau, de l'évaporation, de la condensation, un nuage, de la pluie, de la pollution, une usine et le sol. (L'eau s'évapore qui forme un nuage qui est poussé par le vent, les usines envoient de la pollution dans les nuages, il pleut et ça pollue les rivières.).	Représente une étendue d'eau, un nuage, de la pollution dans l'eau, une usine et le sol.
---------	------	---	--	--

Évolution de l'élève 11

Il n'y a pas de changement intégré aux thèmes A et B. Au thème C, il n'y a pas de changement pour les questions 5a et 10; par contre pour la question 9 l'apprenant élabore un concept sur la formation d'un ruisseau à la passation 3 alors qu'il n'avait pas répondu aux passations 1 et 2.

Au thème D, il y a développement de conception à la question 7 lors de la passation 2, ce changement n'est pas maintenu à la passation 3. Par contre, à la question 8 il n'avait pas répondu aux passations 1 et 2 pour finalement répondre à la passation 3. Au thème E, plusieurs éléments sont ajoutés à la passation 2 et qui sont maintenus à la passation 3.

Nous remarquons qu'il n'y a pas eu de changement aux thèmes A et B. Que les changements intervenus aux thèmes C et D apparaissent lors de la passation 3 et qu'au thème E les changements lors de la passation 2 sont maintenus à la passation 3.

Tableau 28

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 12

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Par de l'eau évaporée.	L'évaporation de l'eau.	L'humidité et l'évaporation.
	Q 2	De l'eau et de la fumée.	De l'eau.	De l'eau.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore et elle va dans les nuages.	Elle s'évapore et elle va dans les nuages.	Elle s'évapore.
	Q 6	Ils se sont vidés de leur eau.	Ils se sont vidés de leur eau.	Ils se sont vidés de leur eau.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Le fleuve verse de l'eau dans les ruisseaux.	Pas de réponse.	Le lac verse de l'eau dans le ruisseau.
	Q 10	Pas de réponse.	Pas de réponse.	C'est la pluie qui tasse l'eau du milieu.
Thème D	Q 3	Elle se forme en paquet et elle va dans les nuages.	Elle fait de l'eau polluée (quand la pluie tombe).	La fumée monte dans les nuages et elle fait de la pollution.
	Q 7	À cause de l'air qui est pollué.	Avec la fumée et les déchets.	Avec les déchets.
	Q 8	L'acide c'est fort comme un poison et elle arrive sur les érables et ça les fait mourir.	Pas de réponse.	La sève ne peut plus circuler.

Thème E	Q 11	Représente de l'eau qui coule sur le bord de la rue et qui coule dans les égouts. (Elle se rend au fleuve et s'évapore.)	Représente des nuages, de la pluie, de l'eau et le sol. (La pluie tombe dans la rue, elle forme des rigoles et elle coule dans les égouts.)	Représente de l'eau (rigole), la rue et un égout.
---------	------	--	---	---

Évolution de l'élève 12

Au thème A, il y a l'ajout d'un élément à la passation 3 pour la question 1; tandis qu'il y a abandon d'un élément à la question 2 lors des passations 2 et 3 par rapport à la passation 1. Au thème B, nous constatons aucun changement de conception.

Au thème C, nous remarquons à la question 9 que l'apprenant ne répond pas à la passation 2 alors qu'il y a retour à la conception initiale à la passation 3. Pour la question 10, l'apprenant n'a pas répondu aux passations 1 et 2 pour finalement élaborer une conception à la passation 3.

Au thème D, il y a changement de conceptions lors de la passation 2 et nous constatons que ces conceptions changent à nouveau lors de la passation 3.

Au thème E, l'apprenant ajoute des éléments lors de la passation 2 pour revenir à son dessin initial lors de la passation 3.

Nous remarquons que cet apprenant a changé de conceptions et de façon significative au thème D. Alors qu'il n'y a pas de changement ou il y retour aux conceptions initiales aux thèmes B et C.

Tableau 29

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 13

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Avec de la poussière et du sable.	Par l'évaporation de l'eau.	De l'air et de l'eau.
	Q 2	De la poussière, du sable et de l'eau.	De la vapeur d'eau.	De l'air et de l'eau.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore par l'action du soleil.	Elle s'évapore.	Elle s'évapore.
	Q 6	Ils se sont vidés de leur eau.	Ils se sont vidés de leur eau.	Ils se sont vidés de leur eau.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Par la pluie, l'eau forme un trou et il grandit.	L'eau creuse la terre.	La pluie va dans les roches.
	Q 10	La pluie tombe dans les rues, l'eau suit une pente, elle va sur le bord des rues puis dans les égouts.	Elle coule à cause du courant.	L'eau glisse sur les côtés des rues et elle va dans les égouts.
Thème D	Q 3	Elle forme de la poussière qui va dans les nuages.	Elle pollue l'air et l'eau.	Elle pollue.
	Q 7	À cause de la poussière et du sable qui s'évaporent.	Le vent pousse les déchets qui vont dans l'eau.	Elle entraîne les déchets.

Thème D	Q 8	À cause des poussières et du sable qui s'évaporent.	Pas de réponse.	à cause d'un liquide qui fait mourir les érables.
Thème E	Q 11	Représente un nuage, de la pluie, une étendue d'eau et un égout. (La pluie tombe, l'eau fait une petite rigole qui va dans les égouts, les lacs, le fleuve et la mer et quand il y a trop d'eau dans la mer ça peut faire des inondations ou l'eau s'évapore.)	Représente une étendue d'eau, l'évaporation, la pluie, des petites rigoles et un égout. (La pluie tombe, l'eau fait une petite rigole qui va dans les égouts, puis elle se verse dans le fleuve et après elle s'évapore.)	Représente une étendue d'eau, l'évaporation, la pluie, des petites rigoles et un égout.

Évolution de l'élève 13

Au thème A, l'apprenant change de conceptions à la passation 2, de plus ces conceptions évoluent à la passation 3. Au thème B, il n'y a pas de changement intégré.

Au thème C, il y a des changements conceptions même s'ils sont minimes, tandis qu'au thème D, nous remarquons une simple reformulation des conceptions initiales.

Au thème E, l'apprenant représente un élément de plus lors de la passation 2 qu'il maintient à la passation 3. Par contre, au même thème, nous constatons la situation inverse, c'est-à-dire qu'il y représente un élément de moins.

Nous remarquons que cet apprenant a eu des changements intégrés au thème A seulement; alors qu'aux thèmes B, C, D et E les conceptions initiales demeurent ou refont surface.

Tableau 30

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 14

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Par la fumée des usines et là où il n'y a pas d'usines c'est par la fumée des maisons.	Par la fumée des usines.	Par la fumée.
	Q 2	De l'eau et de la neige.	De l'eau et de la fumée.	De la fumée.
Thème B	Q 5b	Pas de réponse.	Quand il fait soleil, l'eau s'évapore.	Par l'humidité.
	Q 6	Pas de réponse.	Ils se sont vidés de leur eau.	Ils se sont vidés de leur eau.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
	Q 10	Cette eau vient du fleuve ou par des tuyaux sous terre.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
Thème D	Q 3	Elle s'en va dans l'air et elle forme des nuages.	Elle monte dans les nuages.	Elle devient des nuages.
	Q 7	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
	Q 8	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
Thème E	Q 11	Représente des nuages, de la pluie et une étendue d'eau.	Représente le soleil, l'évaporation, des nuages, de pluie, des étendues d'eau, du sol et de la végétation.	Représente de la pluie et une étendue d'eau.

Évolution de l'élève 14

Au thème A, il y a un changement de conceptions à la question 2 par contre la conception initiale refait surface lors de la passation 3. Au thème B, il y a un changement de conceptions lors de la passation 2. Ce changement est maintenu pour la question 6 et il évolue pour la question 5b.

Aux thèmes C et D, il n'y a pas de changement intégré. Au thème E, l'apprenant représente plusieurs éléments à la passation 2 qui n'étaient pas présents à la passation 1. Par contre, le dessin de la passation 3 contient moins d'éléments qu'à la première passation.

Sauf pour le thème B, il y a peu de changement de conceptions, les conceptions initiales prédominent.

Tableau 31

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 15

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Par la vapeur et l'action du soleil.	Avec la vapeur d'eau.	Avec la vapeur d'eau.
	Q 2	De l'eau.	De l'eau.	De la vapeur et de l'eau.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore par l'action du soleil.	Elle s'évapore.	Elle s'évapore.
	Q 6	Ils se sont vidés de l'eau.	Ils se sont vidés de l'eau.	Ils se sont vidés de l'eau.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Pas de réponse.	À cause de la pluie.	Après de gros orages.
	Q 10	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Parce que la pluie s'éparpille sur le sol.

Thème D	Q 3	De la vapeur polluée qui va dans les nuages.	De la pollution dans les nuages.	Elle va dans les nuages qu'elle pollue puis elle redescend en pluie polluée.
	Q 7	Pas de réponse.	La fumée d'usines va dans les nuages qu'elle pollue puis elle redescend en pluie polluée.	À cause de la pollution des usines.
	Q 8	Pas de réponse.	Pas de réponse.	À cause de la pollution dans les nuages.
Thème E	Q 11	Représente une étendue d'eau, l'évaporation, un nuage et la pluie. (La pluie tombe qui forme une flaque d'eau qui s'évapore et ça recommence.)	Représente une étendue d'eau, de l'évaporation, un nuage, de la pluie et le sol. (La pluie tombe qui forme une flaque d'eau qui s'évapore et ça recommence.)	Représente une étendue d'eau, de l'évaporation, un nuage, de la pluie et le sol.

Évolution de l'élève 15

Au thème A, il y a peu de changement sinon une consolidation de la conception initiale. Aux thèmes B et E, il y a pas de changement intégré. Aux thèmes C et D, les changements surviennent lors de la passation 3.

Nous constatons pour cet apprenant que les changements surviennent particulièrement lors de la passation 3.

Tableau 32

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 16

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Par de l'eau qui s'est évaporée.	Avec de l'eau et de la vapeur.	Avec de l'eau.
	Q 2	De l'eau évaporée.	De la vapeur et de l'eau.	De la vapeur et de l'eau.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore.	Elle s'évapore.	Elle s'évapore.
	Q 6	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Ils se sont vidés de leur eau.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
	Q 10	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.
Thème D	Q 3	Elle pollue.	Elle pollue l'air et les nuages.	Elle pollue.
	Q 7	Pas de réponse.	La pollution des usines va dans les nuages.	C'est à cause de la pollution des usines.
	Q 8	Pas de réponse.	Parce que les pluies acides tombent sur les érables.	Parce que la pluie est polluée.
Thème E	Q 11	Pas de dessin.	Représente une étendue d'eau, de l'évaporation, un nuage, de la pluie et le sol. (Il y a un nuage qui s'est formé avec la vapeur, après il pleut, la pluie tombe dans l'herbe, dans l'eau.)	Représente une étendue d'eau, un nuage, de la pluie, des usines, de la pollution (dans l'eau) et le sol.

Évolution de l'élève 16

Il n'y a pas de changement intégré aux thèmes A et C. Au thème B, il y a élaboration d'un concept lors de la passation 3 pour la question 6 alors que l'apprenant n'y répondait pas aux passations 1 et 2.

Au thème D, nous remarquons trois situations différentes. À la question 3, l'apprenant change de conception à la passation 2 pour revenir à la conception initiale à la passation 3. Aux questions 7 et 8, il y a élaboration de concepts à la passation 2, conception qui est maintenue à la passation 3 pour la question 7, mais qui est diluée pour la question 8 lors de la passation 3.

Au thème E, l'apprenant n'avait pas fait de dessin lors de la passation 1. Le dessin est très élaboré à la passation 2 et encore plus lors de la passation 3.

Nous remarquons qu'il y a peu de changement aux thèmes A, B et C; par contre les changements sont intégrés aux thèmes D et E.

Tableau 33

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 17

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Par la vapeur et l'action du soleil.	L'évaporation de l'eau.	Avec la vapeur.
	Q 2	Pas de réponse.	De la vapeur.	De l'eau et de la pollution.
Thème B	Q 5b	Elle disparaît.	Elle s'évapore.	Elle s'évapore.
	Q 6	La chaleur du soleil fait arrêter la pluie.	Pas de réponse.	Ils se sont vidés de leur eau.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	C'est la pluie qui remplit les trous.	C'est la pluie qui remplit les trous.	Après de gros orages.
	Q 10	Pas de réponse.	Il pleut et ça va dans les égouts.	Pas de réponse.
Thème D	Q 3	Elle fait de la pollution et des nuages noirs.	Elle fait des nuages noirs.	La fumée s'évapore et forme des nuages.
	Q 7	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Quand les nuages sont gris.
	Q 8	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Pas de réponse.

Thème E	Q 11	Représente un nuage, de la pluie, une étendue d'eau et un égout. (Il pleut, ça va dans les égouts puis dans les rivières.)	Représente une étendue d'eau, de l'évaporation, un nuage, de la pluie et du sol. (Il pleut, ça va dans le gazon, ça fait de la vapeur, des nuages et il pleut.)	Représente une usine, de la fumée et un nuage.
---------	------	--	---	--

Évolution de l'élève 17

Au thème A, l'élément pollution est ajouté à la passation 3. Au thème B, il y a élaboration d'un nouveau concept à la passation 3.

Au thème C, il y a changement de conceptions à la passation 3 pour la question 9; par contre, il y a eu formulation d'un nouveau concept à la passation 2 pour la question 10 mais à la passation 3 il n'y a pas de réponse.

Au thème D, il y a changement de conceptions et élaboration d'un nouveau concept à la passation 3. Au thème E, le dessin est plus élaboré à la passation 2; par contre il l'est beaucoup moins à la passation 3.

Nous remarquons pour cet apprenant que les changements de conceptions ou la formulation de nouveau concept s'est fait lors de la passation 3.

Tableau 34

L'ensemble des conceptions en regard des différentes passations du questionnaire de l'élève 18

Thème	Question	Passation 1	Passation 2	Passation 3
Thème A	Q 1	Pas de réponse.	Le soleil fait évaporer l'eau.	Avec l'évaporation.
	Q 2	De l'eau évaporée.	De l'eau.	De l'eau et de la fumée.
Thème B	Q 5b	Elle s'évapore.	Elle s'évapore.	Elle s'évapore.
	Q 6	Pas de réponse.	Pas de réponse.	Les nuages s'évaporent quand ils n'ont plus d'eau.
Thème C	Q 5a	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.	Parce qu'il a plu ou parce que la neige a fondu.
	Q 9	Pas de réponse.	Par le pluie.	Par le pluie.
	Q 10	Pas de réponse.	Pas de réponse.	À cause des trous.
Thème D	Q 3	Elle fait de la pollution qui monte dans les nuages et quand il pleut elle redescend.	Elle fait de la pollution.	Elle monte et redescend.
	Q 7	Pas de réponse.	La fumée des usines va dans les nuages qu'elle pollue et quand il pleut elle pollue.	Les usines polluent les nuages et ça tombe en pluie acide.

Thème D	Q 8	Pas de réponse.	Pas de réponse.	La fumée des usines rentre dans les nuages et quand il pleut cette fumée tombe sur les arbres.
Thème E	Q 11	Représente des nuages, de la pluie, un égout et des étendues d'eau. (Du fleuve l'eau s'est évaporée et il pleut.)	Représente une étendue d'eau, de l'évaporation, un nuage et de la pluie. (L'eau s'évapore de la mer ou des rivières, elle va dans les nuages et elle tombe en pluie et ça recommence.)	Représente une étendue d'eau, de l'évaporation, un nuage et de la pluie.

Évolution de l'élève 18

Au thème A, nous constatons la formulation d'un nouveau concept à la passation 2, concept qui est maintenu à la passation 3. De plus, un élément est ajouté lors de la passation 3. Au thème B, il y a formulation d'un nouveau concept à la passation 3. Aux thèmes C et D, nous remarquons deux types de changement, d'abord il y a formulation de nouveaux concepts à la passation 2, qui sont maintenus lors de la passation 3. Ainsi que l'élaboration de nouveaux concepts à la passation 3. Au thème E, l'apprenant ajoute un élément à la passation 2 et il le maintient à la passation 3.

Nous remarquons plusieurs changements de conceptions ou encore la formulation de nouveaux concepts lors de la passation 2. C'est changements semblent intégrés puisqu'ils sont maintenus lors de la passation 3. De plus, nous constatons l'élaboration de nouveaux concepts lors de la passation 3.